CONSILIUL PENTRU RASPÎNDIREA CUNOȘTINȚELOR
CULTURAL-ȘTIINȚIFICE

GABRIELA DONESCU

ORA EXACTĂ

Colecția
„NATURA FARĂ TAINE"

EDITURA ȘTIINȚIFICĂ
București, 1964

Referent științific
Prof. univ. N. DINULESCU

Coperta de *Alfons Sattinger*

Dacă memoria nu ne ajută, o privire fugară într-un calendar sau într-un ziar ne dă posibilitatea să aflăm imediat anul, luna, ziua în care sîntem. Un simplu telefon la observatorul astronomic şi putem şti pînă la fracţiuni de secundă ora exactă. Nimic mai simplu... Şi totuşi ce drum lung şi anevoios a străbătut cunoaşterea, ştiinţa, pînă să ajungă să măsoare cu atîta precizie timpul.

Din vremuri foarte vechi, oamenii au fost preocupaţi să măsoare timpul, nu din simplă curiozitate, ci datorită nevoilor lor de viaţă, necesităţilor izvorîte din lupta lor grea dusă pentru a smulge naturii roade cît mai bogate.

Îndeletnicindu-se cu păstoritul şi agricultura, ei trebuiau să ştie cum se va schimba timpul, deoarece în funcţie de aceasta stabileau perioada cea mai potrivită pentru păşunatul animalelor, luau măsuri pentru adăpostirea lor, trebuiau să urmărească atent regimul ploilor, al revărsărilor de ape, schimbarea vremii în vederea desfăşurării în bune condiţii a ciclului muncilor agricole, să cunoască succesiunea şi durata anotimpurilor.

Vechii egipteni acordau o mare însemnătate revărsărilor Nilului, de care depindea fertilitatea pămîntului. Cum puteau cunoaşte perioadele de revărsare şi de retragere ale apelor Nilului? Ei au constatat că aproximativ două luni înainte de revărsarea Nilului, o dată cu Soarele, răsărea steaua Sirius. Această coincidenţă se repeta în fiecare an.

Mii şi mii de ani de experienţă şi observaţii au permis să se descopere coincidenţa dintre intervalele de timp măsurate prin schimbarea poziţiei corpurilor cereşti (Soarele, luna, stelele) şi intervalele anumitor fenomene naturale de pe Pămînt. Procese absolut naturale, ca mişcarea Pămîntului atît în jurul

Soarelui, cît și în jurul axei sale au fost temeiul fixării duratei anului, zilei — unități principale de măsurare a timpului.

Unitățile de timp — anul, luna, ziua, minutul, secunda etc. — nu sînt rodul fanteziei omului, n-au fost stabilite arbitrar, n-au în ele nimic supranatural, nimic misterios.

Toate fenomenele din jurul nostru, toate activitățile umane se desfășoară în timp. Tot ce îl înconjură pe om, întreaga natură, nu este altceva decît materia în mișcare, iar materia nu se poate mișca altfel decît în spațiu și timp. Timpul este astfel o realitate obiectivă; el poate fi cunoscut, calculat, măsurat.

Calcularea timpului se întemeiază pe cunoașterea legilor și proceselor naturii.

Paralel cu dezvoltarea tehnicii, cu lărgirea orizontului omului despre lumea înconjurătoare, a sporit și gradul de exactitate în măsurarea duratelor de timp.

Cu ajutorul unor metode moderne ale tehnicii nucleare, în zilele noastre se pot măsura intervale de timp care acoperă 34 de ordine de mărime, adică de la zecimi de milionimi de miliardimi de secunde (10^{-16} secunde) pînă la miliarde de ani (10^{18} secunde).

Epoca noastră cere multă precizie în măsurarea timpului. Prețul secundei e foarte mare. În uzină, laborator, în stația de dirijare a transporturilor, operații numeroase (și numărul lor crește) sînt calculate pînă la fracțiuni de secundă. O greșeală aparent neînsemnată în calcularea timpului poate determina perturbări însemnate în procesele de producție, poate compromite experiențe de laborator, poate îngreuia descifrarea de către oamenii de știință a legilor încă necunoscute ce acționează în microcosmos și macrocosmos. Cu cît pătrunde mai adînc în intimitatea materiei, atît a celei lipsite de viață, cît și a celei vii, omul surprinde fenomene și procese complicate care se petrec în intervale de timp extrem de mici. Măsurarea precisă a acestora este o condiție esențială pentru reprezentarea obiectivă a fenomenelor și proceselor respective, pentru urmărirea evoluției și succesiunii lor, pentru fructificarea teoretică și practică a rezultatelor puse în evidență de cercetarea științifică.

Totodată știința modernă este chemată să pătrundă și în tainele imenselor intervale de timp, ca de exemplu cele pe care le îmbrățișează geologia, apreciate la miliarde de ani.

Succesele obținute în cunoașterea timpului ilustrează adevărul filozofiei marxiste că rațiunea omului este capabilă să descifreze cu tot mai multă competență enigmele universului.

Cum sînt determinate cu atîta rigurozitate intervalele foarte mici și foarte mari de timp? Cum se poate măsura cu atîta precizie timpul? Ce drum a parcurs cunoașterea, știința în căutările și eforturile ei pentru aflarea „orei exacte". Iată cîteva întrebări la care broșura va încerca să răspundă.

Astronomia își spune cuvîntul

Cea mai folosită unitate de timp este „ziua". În mod curent, prin zi se înțelege, în viața practică, intervalul dintre răsăritul și apusul Soarelui, iar prin noapte, intervalul următor de la apus pînă la un nou răsărit de Soare.

Cum a fost stabilită în mod științific ziua? Răspunsul ni-l dă astronomia.

Pămîntul, planeta pe care trăim și ne ducem activitatea, acest glob cu raza de 6 367 km, face parte împreună cu celelalte planete surori din sistemul solar. Trecînd prin spațiile astrale cu viteza enormă de circa 30 km pe secundă, el se mișcă în jurul Soarelui descriind, în timp de un an, o orbită de formă eliptică (forma unui cerc turtit). În același timp, Pămîntul mai execută o mișcare, mișcarea uniformă de rotație în jurul propriei sale axe.

Călătorind cu trenul, privind pe fereastra vagonului, avem adeseori impresia că noi stăm pe loc, iar arborii, stîlpii de telegraf, casele, toate parcă fug prin fața noastră.

Aceeași impresie ne-o creează și mișcarea de rotație a Pămîntului în jurul axei sale, pe care noi nu o simțim; privind însă bolta cerească, ni se pare că atît Soarele, cît și stelele execută în jurul Pămîntului o mișcare de rotație. Această mișcare aparentă a bolții cerești a indus mult timp în eroare omenirea neștiutoare. Adevărul că Pămîntul se rotește și nu bolta cerească și-a făcut cu greu drum. Acest adevăr incontestabil, admis azi de toată lumea, explică succesiunea zilelor și a nopților. Pe baza lui a fost stabilită ziua ca unitate de timp.

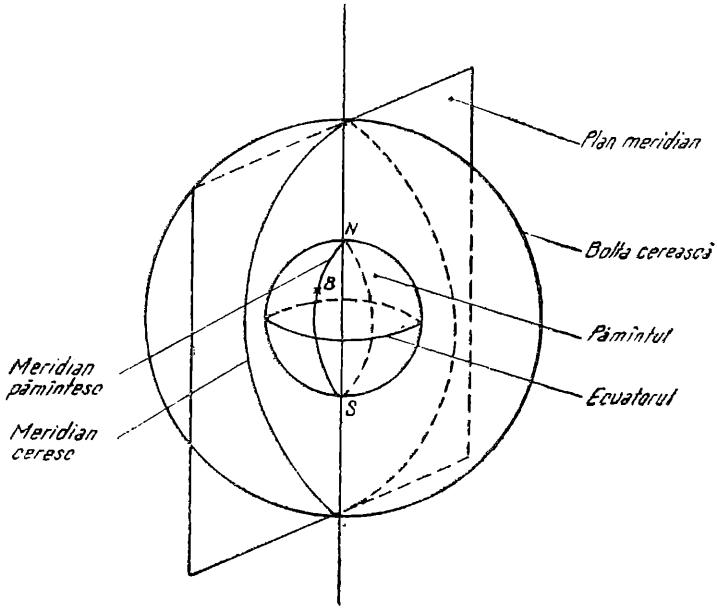


Fig. 1 — Determinarea planului meridianului ceresc

Globul pămîntesc este împărțit convențional printr-o rețea de paralele și meridiane. Paralelele sînt cercuri așezate paralel cu ecuatorul, care se întind de-o parte și alta a sa, spre Polul Nord și Polul Sud. Meridianele sînt cercuri perpendiculare pe ecuator, care trec prin Polul Nord și Sud. Să ne închipuim că planul determinat de un astfel de cerc meridian se prelungește dincolo de limitele Pămîntului (fig. 1). El va intersecta bolta cerească de asemenea după un cerc, care constituie meridianul astronomic al locului. Trecerea unei stele la meridianul locului *B* înseamnă trecerea stelei în dreptul acestui plan fictiv care taie bolta cerească — planul meridian. Cînd o stea trece la meridian, ea are cea mai mare înălțime deasupra orizontului pe care o poate prezenta pentru acel loc.

Intervalul de timp cuprins între două treceri consecutive ale aceleiași stele la meridianul locului unde facem

observația constituie în astronomie o „zi siderală". Fixîndu-ne, de exemplu, asupra stelei Vega din constelația Lyra și punînd un ceas să indice $0^h\ 00^m\ 00^s$ în momentul cînd această stea trece la meridian, următoarea trecere a ei la meridian se va face după 24 ore siderale, deci după o zi siderală. Timpul definit astfel prin mișcarea aparentă a stelelor pe bolta cerească constituie timpul sideral. S-a crezut multă vreme că ziua siderală este un interval de timp foarte constant, dar ultimele cercetări ale științei au pus în evidență o serie de neregularități în mișcarea de rotație a Pămîntului, fapt care afectează timpul sideral. Ziua siderală, fiind stabilită după mersul stelelor, nu este folosită ca unitate de timp curentă în practică.

Viața și activitatea omului se desfășoară în funcție de răsăritul și apusul Soarelui, astrul luminos al zilei, și de aici necesitatea introducerii unui timp legat de mișcarea aparentă a Soarelui pe bolta cerească.

Mișcarea aparentă a Soarelui pe bolta cerească este mai complicată decît cea a unei stele oarecare. Soarele, ca orice stea, este și el antrenat în mișcarea aparentă a bolții cerești, ceea ce poate fi observat zilnic prin faptul că și acest astru răsare și apune. Deci succesiunea regulată a zilelor și nopților ne dovedește că astrul zilei, Soarele, este și el supus mișcării aparente zilnice. Dar în afară de această mișcare, Soarele mai participă și la mișcarea aparentă anuală. Ea nu este altceva decît reversul mișcării adevărate de revoluție a Pămîntului, în timp de un an, în jurul Soarelui.

Ne dăm seama de această mișcare aparentă anuală observînd răsăritul și apusul Soarelui în decursul unui timp mai îndelungat. El nu răsare și nu apune mereu în același loc și nu se ridică pe bolta cerească tot timpul la aceeași înălțime. La 21 martie și 23 septembrie, el răsare din punctul cardinal est și apune în punctul cardinal vest. În zilele de 21 martie și 23 septembrie, respectiv în ziua echinocțiului de primăvară, și de toamnă, lungimea nopții este egală cu a zilei.

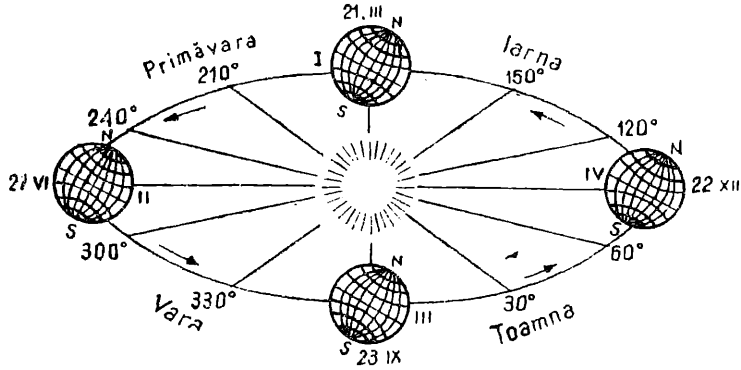


Fig. 2 — Drumul Pămîntului în jurul Soarelui

Cu cît înaintăm de la 21 martie spre vară se observă că Soarele răsare și apune mai spre nord. El se ridică din ce în ce mai mult la amiază deasupra orizontului, ajungînd la 21 iunie să aibă cea mai mare înălțime. Această zi este ziua solstițiului de vară și constituie cea mai lungă zi din timpul unui an. De la 21 iunie, lungimea zilei începe să scadă, ajungînd ca la 23 septembrie să fie egală cu a nopții. De la data de 23 septembrie spre 22 decembrie se observă că răsăritul și apusul Soarelui sînt din ce în ce mai mult spre sud-est, respectiv sud-vest. În ziua de 22 decembrie, Soarele are cea mai mică înălțime deasupra orizontului și deci la această dată vom avea ziua cea mai scurtă, ziua solstițiului de iarnă (fig. 2).

De la 22 decembrie, ziua crește mereu pînă la 21 martie. În variația lungimii zilei și nopții se formează astfel un ciclu cu perioada de un an.

Succesiunea celor patru anotimpuri: iarna, primăvara, vara și toamna constituie alt fenomen periodic care are aceeași perioadă de un an[1].

Toate aceste fenomene evidente sînt legate de mișcarea de revoluție a Pămîntului în timp de un an în jurul Soarelui

[1] Vezi broșurile G. Stănilă, *Despre anotimpuri*, ed. a II-a, Colecția S.R S.C., București, 1962 și C. Cristescu, *Zile și nopți* ed. a II-a, Colecția S.R.S.C., București, 1961.

sau, considerînd mișcarea aparentă a Soarelui pe bolta cerească, de mișcarea aparentă a acestuia. Deci o dată cu mișcarea zilnică aparentă, împreună cu întreaga boltă cerească, Soarele parcurge printre stele și acest drum aparent anual.

Să revenim acum la unitățile de timp. Dacă se ia un ceas care indică $0^h\ 00^m\ 00^s$ în momentul cînd Soarele are cea mai mare înălțime deasupra orizontului (momentul amiezii, trecerea la meridian a Soarelui), atunci intervalul de timp parcurs pînă la o nouă amiază constituie o zi solară. O stea ce trece odată cu Soarele la meridian, după o rotație completă revine la meridian mai repede cu aproximativ $3^m\ 56^s$. Deci ziua solară este în medie cu $3^m\ 56^s$ mai lungă decît cea siderală.

De unde provine această diferență?

Spre deosebire de stea, care este antrenată numai în mișcarea aparentă zilnică a bolții cerești, Soarele mai participă, după cum am arătat, și la mișcarea aparentă anuală. În cursul acestei mișcări, Soarele parcurge 360° în 365 de zile, adică aproximativ un grad pe zi în sens direct, de la vest spre est. Deci față de o stea, noi vedem Soarele rămînînd în urmă în fiecare zi cu cîte un grad, pentru parcurgerea căruia sînt necesare 3 minute și 56 de secunde. Mișcarea aparentă anuală a Soarelui creează astfel deosebirea dintre cele două feluri de timp astronomic: timpul sideral și timpul solar. Dacă începuturile zilei siderale și solare coincid la un moment dat, ele se decalează în fiecare zi cu circa $3^m\ 56^s$, astfel încît, în timp de un an, diferența dintre ele e de 24 de ore. Începutul zilei siderale se va găsi deci, în decurs de un an, atît dimineața, cît și seara și noaptea. Din aceste motive, în viața practică, unitatea folosită curent nu e ziua siderală, ci ziua solară. Această unitate se mai numește zi solară adevărată; ea prezintă însă inconvenientul că nu e constantă în decursul unui an. De aceea nu se poate construi un ceasornic care să indice timpul după ziua solară adevărată, căci, în acest caz, orele

ar trebui să fie uneori mai lungi, alteori mai scurte. Din ce cauză ziua solară nu este un interval constant de timp?

Cînd s-a definit ziua solară adevărată, s-a ţinut seama de mişcarea aparentă a Soarelui pe bolta cerească. Această mişcare este rezultanta a două mişcări: mişcarea aparentă diurnă împreună cu întreaga boltă cerească şi mişcarea aparentă anuală. Aceasta din urmă explică inconstanţa zilei solare adevărate. Mişcarea aparentă anuală a Soarelui, deci mişcarea reală de revoluţie a Pămîntului în timp de un an, nu se face în mod uniform.

Pe traiectoria sa, Pămîntul se mişcă în jurul Soarelui uneori mai repede, alteori mai încet, deci şi Soarele pe traiectoria sa aparentă se va mişca uneori mai repede, alteori mai încet, descriind zilnic pe bolta cerească arce neegale de drum. Neuniformitatea mişcării aparente anuale a Soarelui introduce deci o neuniformitate a zilei solare adevărate în timpul unui an.

Pentru a putea defini un timp solar uniform s-a considerat un Soare fictiv care ar avea pe bolta cerească o mişcare aparentă uniformă în timp de un an. Acest Soare fictiv a fost numit Soare mijlociu, iar timpul determinat de el, timp solar mijlociu.

„Ziua solară mijlocie" este timpul parcurs între două treceri consecutive ale Soarelui mijlociu la meridianul locului. Ea reprezintă o medie a zilelor solare adevărate din timpul unui an. Ziua solară mijlocie va fi un interval constant, ea fiind uneori mai mare, alteori mai mică decît ziua solară adevărată, iar cîteodată chiar egală cu ea. Cea mai mare diferenţă pozitivă dintre ziua solară mijlocie şi cea adevărată este de 14^m21^s către jumătatea lunii februarie, iar cea negativă -16^m23^s la începutul lunii noiembrie. De patru ori pe an, ziua solară mijlocie coincide cu ziua solară adevărată, şi anume la 15 aprilie, 14 iunie, 1 septembrie şi 24 decembrie, deci în aceste zile momentul trecerii Soarelui adevărat la meridianul locului de observaţie coincide cu al celui fictiv, mijlociu.

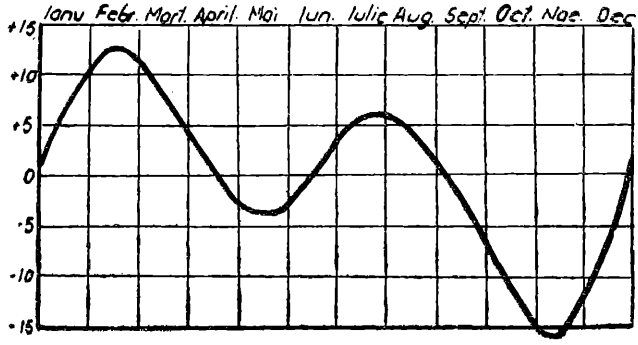


Fig. 3 — Curba ecuației timpului

Un ceasornic care funcționează după timpul solar mijlociu, cînd indică amiaza, nu arată momentul trecerii Soarelui la meridianul locului de observație; Soarele fie a trecut, fie va trece peste cîtva timp la meridian. Astfel că pentru a afla momentul exact al trecerii Soarelui la meridian se adaugă la timpul amiezii mijlocii o corecție numită ecuația timpului. Aceasta variază, în timp de un an, de la valori pozitive la valori negative, trecînd prin zero la cele patru date arătate mai înainte (fig. 3).

Ziua solară mijlocie are 24 de ore solare mijlocii, fiecare oră e împărțită în 60 de minute mijlocii, iar fiecare minut în 60 de secunde. Deci putem spune că secunda solară mijlocie reprezintă $\frac{1}{86\ 400}$ din ziua solară mijlocie.

Toate aceste intervale de timp solar mijlociu sînt intervale riguros constante, deci după ele se pot construi ceasornice care să indice timpul solar mijlociu. După cele arătate mai sus rezultă că ziua solară mijlocie își are începutul la amiază în apropierea momentului înălțimii celei mai mari a Soarelui deasupra orizontului. Folosirea ei în viața practică prezintă inconvenientul că în aceeași zi ar trebui să avem două date: una dimineața, alta după-amiaza. Pentru necesitățile practicii, începutul zilei solare mijlocii a fost îm-

pins cu 12 ore mai tîrziu, adică la miezul nopţii, formîndu-se astfel ziua solară civilă al cărei început este la orele $0^h00^m00^s$, timp solar civil. Timpul civil al meridianului 0, adică al meridianului Greenwich (lîngă Londra), a fost numit timp universal şi prin el se exprimă toate rezultatele cercetărilor astronomice.

Cîte ceva despre timpul efemeridelor

Pînă nu demult se credea că mișcarea de rotație a Pămîntului în jurul axei sale este un exemplu de mișcare perfect uniformă, care determină astfel timpul nostru. Dar de vreo 100 de ani se constată că pozițiile observate ale Lunii, precum și ale planetelor interioare Mercur și Venus se găsesc în avans față de cele calculate teoretic. La început s-a crezut că aceste fluctuații se datoresc mișcării corpurilor cerești respective; ulterior s-a stabilit altă cauză, și anume încetinirea mișcării de rotație a Pămîntului.

Printre fenomenele care afectează în mare parte uniformitatea mișcării de rotație a Pămîntului sînt mareele. Știm că mareea este fenomenul de creștere și scădere periodică a nivelului apelor în oceane; el explică existența fluxului și refluxului apelor. Ca urmare a mareelor are loc o frecare a straturilor de apă pe fundul mărilor puțin adînci, ceea ce produce o frînare, o încetinire a vitezei de rotație a Pămîntului.

Și meteoriții contribuie în frînarea mișcării de rotație a Pămîntului. Intrînd în atmosfera terestră cu viteze mari și constituind totodată o masă care se adaugă mereu la masa globului terestru, îngreuind-o, meteoriții frînează rotația Pămîntului.

Încetinirea vitezei de rotație a Pămîntului atrage după sine mărirea timpului în care Pămîntul face o rotație completă în jurul axei sale — deci a perioadei de rotație. S-a constatat o mărire a perioadei de rotație a Pămîntului, deci a zilei siderale cu 0,0016 secunde pe secol. Pămîntul încetinindu-și viteza de rotație înseamnă că reprezintă un ceas care rămîne în urmă. Timpul sideral întîrzie deci mereu, iar

această întîrziere este proporțională cu pătratul intervalului de timp.

Recalculîndu-se momentele în care au avut loc o serie de fenomene astronomice în vechime, cum ar fi, de exemplu, eclipsele de Soare din timpul lui Ptolemeu, acum 2000 de ani, s-a ajuns la concluzia că ele s-au produs atunci cu aproximativ 2 ore mai tîrziu față de momentele date prin calcul azi. Vedem deci că, dacă pentru o perioadă scurtă de timp rămînerea în urmă în mișcarea de rotație nu are o influență prea mare, pentru perioade lungi de timp efectul este foarte vizibil.

Ținîndu-se seama că mișcarea de rotație a Pămîntului nu se desfășoară perfect uniform și deci nu poate indica timpul cu maximă precizie, s-a definit un nou timp, așanumitul timp al efemeridelor. Timpul acesta nou, introdus pentru prima dată în anuarele astronomice din anul 1960, are la bază mișcarea de revoluție a Pămîntului în jurul Soarelui.

Timpul efemeridelor este timpul universal căruia i s-a adăugat o corecție stabilită în special prin observațiile asupra Lunii, precum și asupra unor planete.

În tabelul ce urmează sînt consemnate cîteva corecții ce trebuie aduse timpului universal spre a trece la timpul efemeridelor.

Pentru anul 100 al erei noastre corecția este de $2^h\ 55^m\ 58^s$.

Pentru anul 900 corecția este de $0^h\ 38^m\ 16^s$.

Pentru anul 1900 corecția este de $0^h\ 00^m\ 24^s$.

Pentru anul 2900 corecția este de $1^h\ 02^m\ 22^s$.

Pentru anul 3900 corecția este de $3^h\ 44^m\ 10^s$.

În calculele făcute pentru stabilirea acestor corecții, anul 1900 a fost ales ca an-origine. Corecția ce trebuie adusă timpului universal pentru o anumită dată este definită printr-un termen constant de aproximativ 24 de secunde, la care se adaugă o expresie ce depinde de intervalul de timp parcurs de la data considerată pînă la anul 1900. Astfel, pentru anul 1900, intervalul de timp fiind 0, corecția este de 24 de se-

cunde. Pentru o dată înaintea anului 1900 sau după acest an, corecția va fi de 24 de secunde plus o mărime proporțională cu intervalul de timp parcurs.

Folosirea timpului efemeridelor exclude deci acea întîrziere seculară determinată de încetinirea vitezei de rotație a Pămîntului.

Dar trebuie ținut seama că în afară de variațiile seculare, viteza de rotație a Pămîntului prezintă și fluctuații sezoniere, datorită unor cauze ca: modificarea presiunii atmosferice, acumularea zăpezilor și a vegetației pe continente, schimbarea poziției ghețarilor în regiunile polare etc. Pămîntul se rotește în jurul axei sale mai repede în august și mai încet în martie, diferența aceasta de viteză aducînd o diferență în perioada de rotație de ordinul miimilor de secundă.

Fluctuații neregulate, bruște în viteza de rotație a Pămîntului pot aduce o schimbare a duratei zilei siderale cam cu $0^s,003$. Cauza acestor variații încă nu este cunoscută, dar se fac o serie de ipoteze legate de influența activității solare, precum și a cutremurelor asupra rotației Pămîntului.

Pentru stabilirea unei scări de timp cît mai uniforme e necesar să se țină seama nu numai de variațiile seculare corectate prin timpul efemeridelor, ci și de celelalte variații ale vitezei de rotație a Pămîntului care de asemenea trebuie îndepărtate prin corecții corespunzătoare.

Alături de o stabilire a unei scări de timp uniform, astronomia modernă lucrează și la găsirea unui reper fix față de care să se refere studiile și cercetările astronomice.

Pînă de curînd, stelele înconjurătoare a căror poziție era considerată fixă pe bolta cerească constituiau acest reper. Rezultatele astronomice moderne au dovedit că este necesar să se introducă un nou reper, căci mișcarea de rotație este proprie întregului sistem galactic. Stelele, împreună cu Soarele nostru, fac parte din așa-numita Galaxia noastră și alcătuiesc sistemul galactic. Variațiile suferite de pozițiile stelelor, în special într-o perioadă mai lungă, de exemplu 100 de ani, atrag după ele schimbări ale reperului stabilit.

Reperul nou este căutat azi printre formațiile exterioare Galaxiei noastre, nebuloase extragalactice îndepărtate, astfel încît direcțiile către acestea să rămînă invariabile pe intervale de timp mai mari. Desigur că și aceste formații sînt antrenate la o serie de mișcări cu viteze mari, dar depărtarea enormă ce ne desparte de ele face să nu le percepem sau să percepem variații foarte mici care pot fi neglijate.

Începînd din anul 1953, Observatorul astronomic al Academiei R.P.R. participă la stabilirea unui nou reper, colaborînd la programul Observatorului din Pulkovo-Leningrad.

Ora pe glob

Printre marii călători care au cunoscut pentru prima dată noi regiuni ale planetei noastre se numără și Fernando Magellan. Plecînd din portul Sevilla (Spania) la 20 septembrie 1519 cu o flotilă alcătuită din cinci vase, celebrul explorator a pornit spre apus pentru a descoperi un nou drum spre arhipelagul Insulelor Moluce (Maluku) — insulele cu mirodenii. Ținta fixată răspundea unor interese arzătoare ale coroanei spaniole. Drumul prin sudul Africii fiind controlat de portughezi, Spania depunea toate eforturile pentru a descoperi un drum spre apus. După o călătorie lungă și anevoioasă, cu scopul de a găsi o legătură între Oceanul Atlantic și Pacific, flotila reușește să treacă în Pacific. Aproape de ținta propusă, echipajul l-a pierdut pe marele navigator Magellan.

Rămînînd cu o singură navă, cei care au supraviețuit acestei îndelungate expediții, reușesc să se întoarcă în Spania după 3 ani de călătorie. Ajunși aici, ei au adus confirmarea faptului că Pămîntul e rotund, dar au mai adus un fapt care mult timp nu a putut fi explicat: ziua însemnată în jurnalul de bord nu coincidea cu cea de pe uscat. Jurnalul era în urmă cu o zi. Ceea ce părea în acele vremuri mister, azi e pe deplin clarificat.

Știm că globul pămîntesc este împărțit printr-o rețea de paralele și meridiane. Paralela 0 este ecuatorul, meridianul 0 a fost fixat, printr-un congres internațional, în 1844, meridianul ce trece pe la Observatorul din Greenwich, de lîngă Londra. De-abia la sfîrșitul secolului al XIX-lea, toate țările l-au adoptat ca meridian-origine. Cele 180° așezate la estul său au fost numite longitudine estică, iar cele de la apus, longitudine vestică.

Pămîntul face o rotație completă în jurul axei sale în 24 ore de la vest la est, deci 360° de longitudine sînt descrise în 24 de ore. Pămîntul se rotește într-o oră cu 15° longitudine. Această mișcare de rotație a Pămîntului face ca pe globul pămîntesc Soarele să culmineze, deci să indice amiaza, în momente diferite. Astfel în timp ce la noi este amiază, în regiunile așezate la apus de noi e încă dimineață, în cele de la răsărit amiaza a trecut, iar dintr-un punct așezat la 180° longitudine vestică sau estică de noi e miezul nopții. Acest fapt a provocat inconveniente în calcularea orelor pe glob. Nu se putea introduce un timp comun tuturor regiunilor globului. S-a luat astfel hotărîrea ca globul pămîntesc să fie împărțit în 24 de fuse orare, fiecare fus conținînd 15° longitudine. Fusul 0 are centrul pe meridianul Greenwich și conține de o parte și de alta cîte 7°30′ longitudine estică și vestică. Fusul 1 este fusul Europei occidentale și este înainte cu o oră față de fusul 0. Fusul 2 este fusul Europei orientale în care intră și țara noastră, deci noi sîntem cu 2 ore avans față de fusul 0 (vezi fig. 14).

Sistemul fuselor orare a fost introdus pentru prima dată în S.U.A. și Canada în 1883. Inginerul canadian S. Fleming a descoperit acest sistem ingenios de împărțire a globului pămîntesc în fuse orare. Franța, precum și alte state europene îl introduc la începutul secolului al XX-lea. În Uniunea Sovietică a fost adoptat imediat după revoluție, la 1 mai 1918, la început numai pentru navigație și mai tîrziu, din 1924, pentru întreaga activitate.

Țările mari, cum sînt U.R.S.S. și S.U.A. etc., se întind pe multe fuse orare și de aceea pentru telecomunicații și circulația trenurilor trebuia să se introducă o oră unică, căci altfel se produceau inconveniente.

Iată un exemplu concludent: dacă se ține seama de ora locală a fusului, o telegramă trimisă din Vladivostok la 1 iunie, ora 4 dimineața ajunge la Moscova la 31 mai, ora 9 seara, deci cu o zi înainte de a fi trimisă. Astfel a fost necesară introducerea orei legale — ora fusului din care face parte

capitala, oră ce e folosită în fiecare țară pentru comunicații și transporturi.

Într-o călătorie trebuie să se țină seama cînd se trece dintr-un fus în altul. Astfel, cel care va călători de la apus la răsărit, ori de cîte ori va trece un fus orar, își va da ceasul mereu înainte cu cîte o oră; invers în călătoria spre apus, călătorul își va da ceasul în urmă. Apare acum clară și explicația fenomenului întîmplat în călătoria echipajului lui Magellan. Mergînd mereu spre apus și făcînd înconjurul lumii, cînd trecea dintr-un fus în altul, echipajul era mereu în urmă cu cîte o oră, pierzînd astfel o zi. Într-o călătorie de la apus spre răsărit se cîștigă o zi. Pentru a elimina acest inconvenient, s-a introdus așa-numita linie a schimbării de dată așezată la 180° longitudine. Trecînd această linie imaginară de la apus spre răsărit, se numără aceeași dată de două ori, iar dacă se traversează de la răsărit spre apus se sare peste o zi. Linia schimbării de dată a fost fixată în regiunile nepopulate ale Oceanului Pacific, pentru a nu îngreuia activitatea omului.

În unele state, pentru mai buna folosire a luminii solare naturale și economisirea energiei electrice în timpul zilei de muncă, vara, ceasurile se dau cu o oră înainte față de ora fusului (ora de vară). În Uniunea Sovietică, începînd de la 16 iunie 1930, printr-un decret guvernamental, toate orologiile au fost avansate cu o oră față de ora fusului în tot timpul anului, din același motiv, și anume folosirea rațională a luminii solare naturale.

Acum ne putem pune problema: cum calculăm ora legală a Bucureștiului?

Cu ajutorul unui instrument de observație meridian (lunetă meridiană)[1] se determină exact momentul trecerii Soarelui la meridianul locului de observație (de exemplu, București). Această observație ne dă momentul amiezii adevărate. Ca să avem momentul amiezii mijlocii se adaugă

[1] A se vedea capitolul *Determinarea orei exacte.*

la timpul căpătat din observații ecuația timpului pentru acea dată. Se obține astfel ora mijlocie locală a Bucureștiului. Ora legală a Bucureștiului este ora fusului al doilea în care intră țara noastră. Pentru a trece de la ora locală a Bucureștiului la ora legală trebuie ca la prima să adăugăm diferența dintre ora fusului și longitudinea locului de observație (pentru Observatorul astronomic al Academiei R.P.R. se adaugă $15^m\ 36^s,8$). Se obține astfel ora legală ce este comunicată prin radio, telefon, oră după care se desfășoară întreaga activitate a țării noastre.

Vreți să știți în ce dată sîntem?

Cînd exprimăm un moment mai apropiat din viața noastră, de obicei spunem ora și ziua, cînd exprimăm momente mai îndepărtate ne referim la lună și an. Deci pentru a exprima momente ale desfășurării vieții și ale activității lui, omul și-a format o serie de unități de timp mai lungi sau mai scurte. Am vorbit pînă în prezent despre zile și ore, dar acestea sînt unități scurte și prin ele nu se pot exprima momente mai îndepărtate din viața omului. S-a simțit nevoia introducerii unor intervale de timp mai lungi și aceasta din cele mai îndepărtate vremuri.

Introducerea unor unități de timp mai mari nu putea fi arbitrară, ci legată tot de mișcări periodice, de durată mai lungă, care se petrec în natură.

Succesiunea anotimpurilor, iată un fenomen care corespundea cerințelor de mai sus.

Acest fenomen cunoscut de noi toți se explică, cum am mai arătat, prin mișcarea anuală a Pămîntului în jurul Soarelui, mișcare ce se face pe o elipsă, deci un cerc turtit. Dar aparențele ce ne indică? Să ne considerăm noi de pe Pămînt așezați în centrul sferei cerești. Să presupunem că Pămîntul stă pe loc; deci în mod aparent Soarele se va mișca în jurul nostru pe bolta cerească. Dacă urmărim zilnic această mișcare a Soarelui printre stele (deci nu mișcarea de rotație zilnică) se observă că el se deplasează cam cu un grad pe zi și formează în timp de un an o traiectorie numită ecliptică.

Să ne închipuim că prelungim planul ecuatorului pămîntesc pînă taie și el bolta cerească după un cerc ce con-

stituie ecuatorul bolții cerești. Acest plan este înclinat față de planul eclipticei cu 23°27′.

În fig. 4 să considerăm că Pămîntul se află așezat în centrul sferei cerești în punctul 0. Pe bolta cerească trasăm planul eclipticei și al ecuatorului ce se intersectează în punctele γ și γ'. PP' este prelungirea axei de rotație a Pămîntului pînă ce intersectează bolta cerească.

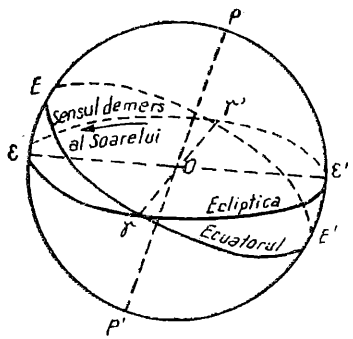


Fig. 4 — Drumul anual al Soarelui pe bolta cerească

Punctul γ corespunde echinocțiului de primăvară și are loc la 21 martie, iar γ' este al echinocțiului de toamnă, care are loc la 23 septembrie. Punctele ε și ε' sînt respectiv solstițiile de iarnă și vară (23 decembrie și 21 iunie). Cînd Soarele merge în mișcarea sa aparentă de la γ la ε' avem anotimpul primăverii, de la ε' la γ' avem vara, de la γ' la ε — toamna, iar de la ε la γ se întinde anotimpul iernii.

Punctul γ (punctul vernal) este un punct important al bolții cerești; în funcție de el se determină intervalul mai mare de timp „anual". Se definește ca „an tropic" intervalul dintre două treceri consecutive ale Soarelui la punctul vernal. Calculele actuale au arătat că anul tropic este constituit din 365,2422 zile solare mijlocii, deci nu dintr-un număr întreg de zile solare. Împărțirea anului și calculul datelor s-au lovit întotdeauna de această dificultate. Ea a fost rezolvată în mare măsură o dată cu introducerea calendarului pe care-l folosim azi.

Calendarul este un sistem elaborat de oameni pe baza unor reguli bine determinate, pentru a urmări succesiunea zilelor, săptămînilor, lunilor, anotimpurilor și anilor.

La baza întocmirii calendarului au stat o serie de fenomene periodice, cum ar fi succesiunea regulată a schimbării

fazelor Lunii. Calendarul lunar utilizat în special în vechime de babilonieni și chinezi introducea perioada de o „lună" formată de 29,5 zile, perioadă ce cuprindea intervalul de timp dintre două treceri ale Lunii prin aceeași fază (de exemplu, intervalul dintre două perioade de Lună plină sau Lună nouă etc.). Anul era considerat ca fiind format din 12 luni, totalizînd 354 de zile. Lunile alternau ca mărime, 6 fiind de 29 de zile și 6 de 30 de zile pentru a asigura lungimea de 29,5 zile necesară unei luni. Acest calendar nu a corespuns realității, căci vedem deosebirea dintre numărul zilelor anului tropic și cea a anului lunar (365,2422 și respectiv 354), deosebire ce făcea ca începutul anului lunar să se schimbe mereu și să revină la aceeași dată după 33 de ani.

O îmbinare a calendarului lunar cu calendarul solar a constituit-o calendarul luni-solar. Mai important este însă calendarul solar, care are la bază mișcarea aparentă a Soarelui în timp de un an în jurul Pămîntului. Egiptenii au fost cei care au folosit calendarul solar, ce a avut o largă răspîndire în antichitate. Anul solar egiptean avea 365 de zile împărțite în 12 luni a cîte 30 de zile, iar la sfîrșitul fiecărui an se adăugau 5 zile. Anul egiptean era mai scurt decît anul tropic cu aproximativ un sfert de zi, sfert ce în timp de 4 ani dădea o zi întreagă, astfel că începutul anului solar egiptean se deplasa la fiecare 4 ani cu cîte o zi.

În Imperiul Roman, situația calendarului ajunsese la un moment dat destul de dificilă, preoții calculînd timpul și sărbătorile după bunul lor plac. Din aceste motive, împăratul Iuliu Cezar, consultîndu-se cu vestitul astronom egiptean Sosigene, hotărăște introducerea unui nou calendar, un nou mod de a calcula anul. Potrivit acestui calendar, anul tropic e format din 365 de zile și 1/4 deci 365,25 zile, sfertul de zi adăugîndu-se la fiecare 4 ani printr-o zi. Această zi în plus se adăuga la anii bisecți (anii a căror cifră se împarte exact prin 4, de exemplu, 832; 836; 840... etc.) în luna februarie care numără în acești ani 29 de zile în loc de 28.

Dar nici în calendarul iulian sau pe stil vechi cum mai era numit, anul nu corespundea lungimii adevărate a anului tropic, ci apărea o diferență de 0,0078 zile în plus (anul iulian are 365,25 zile și cel tropic 365,2422 zile). Această diferență atît de mică pentru un an se acumulează și la 400 de ani dă aproximativ 3 zile. Iată de ce, la sfîrșitul secolului al XVI-lea, diferența acumulată atingea 10 zile, iar echinocțiul de primăvară, în loc să cadă la 21 martie, cădea la 11 martie. Sub papa Grigore al XIII-lea se efectuează o nouă reformă a calendarului, de unde denumirea de calendar gregorian. Ziua de 5 octombrie 1582 devine 15 octombrie 1582.

Această reformă nu a pătruns în toate țările dintr-o dată. Astfel, în țările din răsăritul Europei, reforma s-a făcut de-abia în secolul al XX-lea. În Rusia, noul calendar se introduce după Marea Revoluție Socialistă la 1 februarie 1918.

La noi în țară, noul calendar a fost adoptat la 1 octombrie 1924, dată ce prin reformă a devenit 14 octombrie 1924; stilul vechi s-a înlocuit astfel cu stilul nou.

În calendarul gregorian, pentru a nu mai permite acumularea unor erori, s-a hotărît ca o dată la 400 de ani să se scadă 3 zile. Nici calendarul gregorian nu este perfect, dar pentru nevoile vieții noastre curente e corespunzător.

Viitorul ne va aduce probabil o nouă reformă a calendarului, reformă ce va căuta să pună cît mai mult în concordanță unitățile de timp folosite cu lungimea adevărată a anului tropic. Numai astfel se va căpăta un calcul cît mai simplu și precis al timpului.

Cadranul solar

Am văzut cum au ajuns oamenii să determine unităţile de timp. Dar ce mijloace, ce instrumente au folosit în acest scop? Cum le-au descoperit, cum le-au inventat?

Mijloacele de măsurat timpul au o îndelungată istorie, strîns legată de însăşi dezvoltarea societăţii. Trebuie reţinut faptul că numeroase şi importante descoperiri tehnico-ştiinţifice şi-au pus pecetea şi asupra evoluţiei metodelor şi instrumentelor de măsurat timpul. În fiecare epocă întîlnim noi aparate de măsurat timpul. În epoca noastră, a energiei atomice, a cuceririlor spaţiului cosmic, s-au creat aparate care depăşesc de zeci, sute şi mii de ori precizia atinsă în epocile anterioare.

Ca şi în alte domenii, instrumentele de măsurat timpul s-au perfecţionat pe măsură ce gîndirea umană a pătruns mai adînc în cunoaşterea naturii, a descoperit legi noi.

Încă din vremuri străvechi, omul a căutat în natură mijloace pentru măsurat timpul. El şi-a îndreptat privirea spre umbra lăsată de corpuri în cursul unei zile. Umbra lăsată de un corp luminat de Soare se deplasează şi îşi schimbă în acelaşi timp lungimea. Dimineaţa ea este lungă şi îndreptată spre vest, spre amiază se micşorează, îndreptîndu-se spre nord (în emisfera nordică) şi după-amiază se măreşte din nou, îndreptîndu-se spre est. Primele măsurători de timp se făceau după lungimea umbrei, aceasta măsurîndu-se în picioare. Un anumit moment al zilei era exprimat printr-o măsură a umbrii de „atîtea" picioare. Acest mod de a măsura timpul a stat la baza cadranului solar, mijloc foarte răspîndit în antichitate.

Primele cadrane solare au apărut în Caldeea şi Egipt; descoperirea lor este atribuită caldeanului Beroz. Ele au

fost la început primitive, constînd dintr-o tijă verticală înfiptă în pămînt. Prin umbra lăsată de această tijă pe suprafaţa Pămîntului se determină momentul zilei. Acest tip de cadran, numit cadranul orizontal cu vergea verticală, prezenta un mare inconvenient: umbra deplasîndu-se pe suprafaţa Pămîntului nu descria un arc de cerc, ci o curbă mai complicată a cărei dispoziţie se schimbă din lună în lună. Să găsim explicaţia. Umbra lăsată de un corp depinde de poziţia Soarelui pe bolta cerească. Datorită mişcării aparente anuale, Soarele îşi schimbă poziţia pe bolta cerească, iarna ridicîndu-se mai puţin deasupra orizontului decît vara.

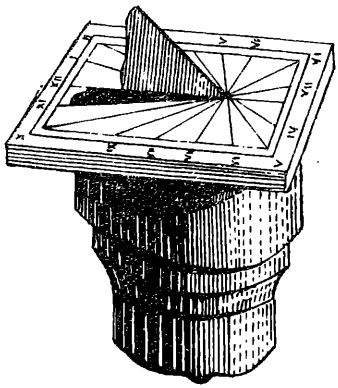


Fig. 5 — Cadranul solar orizontal

Ca urmare, umbra lăsată de corpuri descrie un alt drum în timpul unei zile de iarnă decît în timpul unei zile de vară. Forma drumului parcurs de capătul umbrei unui corp este într-un singur caz un arc de cerc, şi anume atunci cînd corpul este aşezat paralel cu axul de rotaţie al Pămîntului, iar deplasarea umbrei se observă într-un plan paralel cu planul ecuatorului pămîntesc, plan perpendicular atît pe axa de rotaţie a Pămîntului, cît şi pe direcţia corpului. În cazul cadranului orizontal, drumul parcurs de umbră nu putea fi divizat uşor în intervale egale, care să indice fracţiuni egale de timp. Mulţi savanţi din antichitate au încercat să aducă îmbunătăţiri acestui cadran, mărind numărul de subdiviziuni astfel, încît să fie utilizabil pentru orice zi din orice lună. Dar forma reţelei de linii indicatoare a devenit aşa de complicată, încît cu greu se putea descifra ceva. În momentul cînd constructorii de cadrane solare din antichitate şi-au dat seama că aşezînd indicatorul cadranului para-

lel cu axa de rotație a Pământului lucrurile se simplifică, s-a trecut la construcția acestui nou fel de cadran.

Dar nici cu ajutorul cadranului orizontal cu indicatorul așezat paralel cu axa polilor nu se pot obține rezultate mulțumitoare, căci umbra descrisă e tot neregulată, nu se deplasează uniform; deci intervalele de timp nu vor fi indicate prin diviziuni egale.

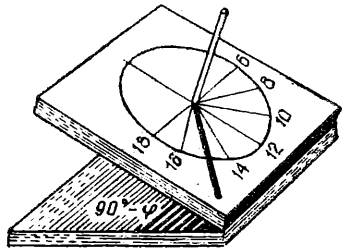


Fig. 6 — Cadranul solar ecuatorial

Cadranul solar ecuatorial are planul său așezat perpendicular pe direcția indicatorului (direcția axei de rotație a Pământului), deci paralel cu ecuatorul pământesc. Marele său avantaj constă în faptul că umbra se deplasează în mod uniform și descrie un arc de cerc, iar orele se pot reprezenta prin segmente egale. Deci pentru a construi un cadran ecuatorial trebuie să așezăm planul cadranului paralel cu ecuatorul pământesc, iar în centrul său să înfigem un bețișor indicator, perpendicular pe acest plan. Prin deplasarea umbrei lăsate de bețișor măsurăm orele. Instrument principal de măsurat timpul, cadranul solar a ajuns în antichitate obiect de mare preț: se manifesta grija nu numai pentru precizia dar și pentru monumentalitatea și eleganța lui.

În Egiptul antic, înalte și elegante obeliscuri erau tije de cadrane solare. În vechea Atenă, pe „Turnul vînturilor" era așezat un mare cadran solar, adevărat monument. La Roma, cadranul solar a fost adus, ca și multe alte obiecte, ca pradă de război. În anul 262 înaintea erei noastre, consulul roman Valeriu Messala instalează în for primul cadran solar, adus din Sicilia. De-abia în anul 164 înaintea erei noastre, romanii și-au dat seama că acest cadran solar nu era calculat pentru Roma și a fost instalat alături de el un cadran corect. În timpul împăratului August, pe cîmpul lui Marte, a fost instalat un cadran solar cu înălțimea de

34 m, avînd drept indicator obeliscul lui Sesostris, adus din Egipt ca pradă de război.

În antichitate, cadranul solar a fost folosit și pentru determinarea latitudinii geografice a locului, procedeu întrebuințat și azi de astronomii amatori.

Construcția cadranelor solare a continuat pînă în secolul al XVI-lea și al XVII-lea; mai tîrziu, doar în scopuri decorative. Un cadran solar original, avînd forma unui mare echer de zidărie, cu latura lungă de 39 m, a fost construit în secolul al XVIII-lea în India, la Delhi, de prințul astronom Djay-Singh II.

Cadranele nu puteau fi folosite noaptea și pe vreme noroasă, de aceea nu constituiau un mijloc continuu de indicare a timpului.

Ceasul cu nisip, cu foc și cu apă

Multe și diferite forme de a măsura timpul parcurs într-o zi au folosit oamenii în antichitate. Toate acestea aveau la bază un principiu comun — folosirea unui fenomen cu desfășurare uniformă. Astfel este orologiul cu nisip, care se mai întîlnește și azi, fiind întrebuințat de către unele gospodine în bucătărie, pentru a determina exact timpul necesar pentru fierberea unui ou. El constă din două vase — unul plin de nisip și altul gol — ce comunică între ele printr-un orificiu îngust. Din vasul de sus, cel plin, nisipul curge în vasul de jos prin orificiul de comunicație.

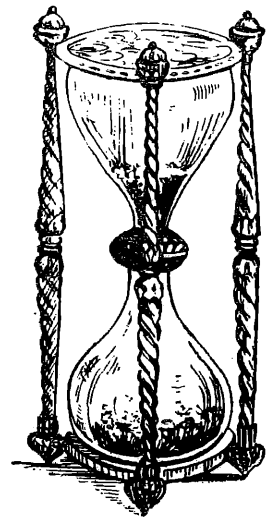


Fig. 7 — Ceasul cu nisip

Ceasul cu nisip a fost folosit mult timp pe vapoare pentru a regla ora schimbului. Inconvenientul pe care-l prezenta era în primul rînd că nu indica intervale de timp constante, curgerea nisipului fiind un fenomen nu prea uniform, și în al doilea rînd necesita o supraveghere permanentă.

În China antică, o largă răspîndire o avea orologiul cu foc. Din diferite esențe de lemn se preparau spirale în care, din loc în loc, la intervale egale, se găseau mici pietricele sau mici bucăți metalice. Prin arderea acestor spirale, pietricelele cădeau într-un vas și prin zgomotul produs indicau un interval de timp parcurs.

Fig. 8 — Ceasul chinezesc cu foc

O variantă europeană a ceasului chinezesc cu foc era folosită în evul mediu, în special în mănăstiri, unde timpul era indicat de candele orare, arderea untdelemnului din candelă fiind măsura cantitativă a intervalului de timp parcurs. Depinzînd foarte mult de mediul înconjurător, arderea nu poate fi considerată un fenomen perfect uniform, deci şi intervalele de timp măsurate prin ardere nu erau egale.

Un fenomen folosit foarte mult pentru construirea ceasornicelor în antichitate a fost curgerea apei. În Egipt, Iudeea, Babilon, Grecia, China, ceasurile cu apă au avut o largă răspîndire. Clepsidrele, aşa cum le numeau grecii, foloseau pentru măsurarea timpului fenomenul de curgere a apei dintr-un vas în altul, picătură cu picătură. În Grecia antică, aceste ceasuri au fost introduse la tribunale ca „frînă a elocvenţei", pentru a limita timpul de pledoarie a avocaţilor.

În secolul al III-lea î.e.n., în Alexandria, la Museion medicul Herofilas foloseşte pentru prima dată clepsidra, pentru măsurarea pulsului omenesc. Orologiile cu apă au

fost încontinuu perfecționate, astfel că în Alexandria se întîlnesc, cam în secolul al II-lea î.e.n., o serie de orologii hidraulice dotate cu roți și angrenaje, avînd mecanisme foarte complicate. Ktesibios, unul din cei mai mari mecanici ai

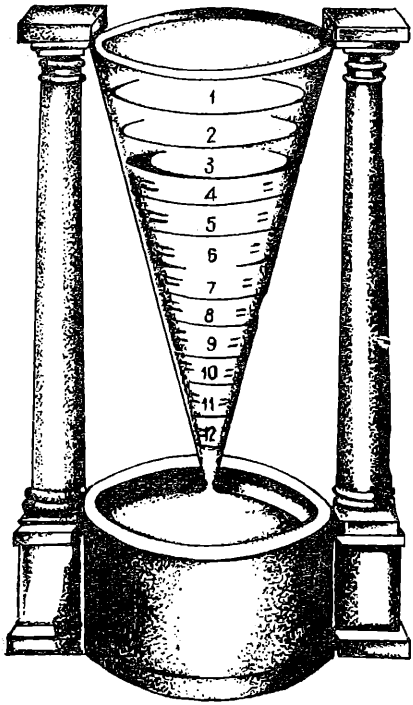


Fig. 9 — Clepsidra cu apă. Gradațiile arată nivelul apei din vas care corespunde timpului parcurs

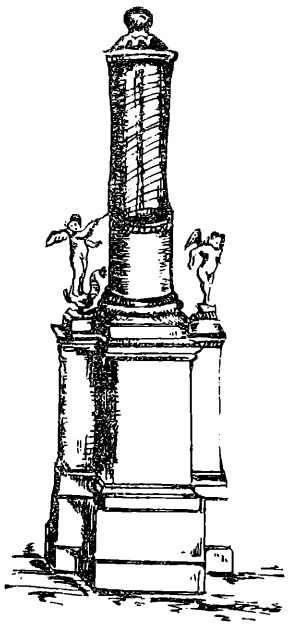


Fig. 10 — Ceasul cu apă al lui Ktesibios din Alexandria

antichității, a construit un orologiu cu apă, în care orele erau anunțate printr-o sonerie și, în același timp, un amor înaripat indica ora cu o baghetă pe un cilindru ce se rotea. Un alt amor, așezat în partea opusă, plîngea cu lacrimi mari după timpul trecut care nu se mai întoarce. Aceste lacrimi erau indispensabile mecanismului, căci asigurau circuitul apei.

Construcţii foarte amuzante, automate se întîlneau aproape la toate orologiile cu apă folosite în special la curţile marilor împăraţi. Dar şi aceste orologii nu puteau fi precise, căci curgerea apei nu se desfăşoară perfect uniform.

Neavînd ceasuri mai precise, unii astronomi au folosit ceasurile cu apă, precum şi cele analoge cu mercur pentru observaţii astronomice. Astfel, în secolul al XVI-lea, celebrul astronom danez Tycho-Brache folosea în timpul observaţiilor un ceas cu mercur. Indicaţiile acestor ceasuri trebuiau corectate, deoarece lichidul nu curgea uniform. Teoria complicată a acestei corecţii a fost elaborată în secolele XVII şi XVIII de marii învăţaţi matematicieni şi fizicieni Iacob Bernoulli şi Isaac Newton.

Ceasurile mecanice

Orologiile din antichitate, oricîte perfecționări li s-au adus, nu mai corespundeau cerințelor, fiindcă indicau timpul cu o precizie foarte mică. Dezvoltarea meseriilor și formarea orașelor, progresul astronomiei și navigației impuneau cunoașterea precisă a timpului. Această precizie nu s-a putut obține decît prin introducerea orologiilor mecanice. Astfel de orologii sînt menționate pentru prima oară într-o cronică bizantină în secolul al VI-lea. Se pare însă că primele ceasuri mecanice bizantine au fost foarte imperfecte. Mulți istorici consideră drept inventatorii ceasului mecanic fie pe Pacifius din Verona (secolul al IX-lea), fie pe învățatul Gerbert (Silvestru II), din secolul al X-lea. De-abia în secolele XIII și XIV ele se perfecționează și se răspîndesc.

Principiul de funcționare al acestor ceasuri era următorul: de un fir trecut peste un ax mobil se lega o greutate. Căzînd, greutatea antrena după sine, prin desfășurarea firului, rotirea axului. Deci greutatea ce cădea era forța motrice care, printr-un sistem de angrenaje, transmitea rotația axului unor roți care arătau, cu ajutorul unui ac indicator, ora. Este cunoscut faptul că, în căderea sa, un corp nu execută o mișcare uniformă, ci accelerată, deci în cazul nostru, greutatea nu cădea cu o mișcare uniformă. Pentru uniformizarea mișcării transmise roților se folosea o pîrghie, un balansier care, acționînd asupra rotiței dințate, îi impunea o mișcare uniformă.

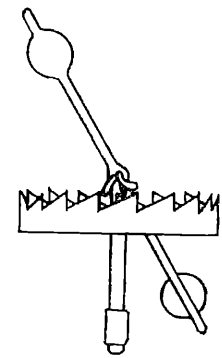


Fig. 11 — Pîrghia care uniformizează mișcarea rotițelor

În fig. 11 este prezentată o astfel de pîrghie. Numai după o oscilație completă, dinții pîrghiei lasă să scape un dinte

al rotiței ceasului. În felul acesta, pîrghia uniformizează mișcarea rotiței.

Primele orologii de acest fel au avut dimensiuni uriașe și au fost instalate în turnurile orașelor: orologiul din turnul mănăstirii Saint-Gothard din Milano (1336), orologiul construit de Jacopo de Dondi din Carara și care a fost o curiozitate pentru vremea lui, indicînd zilele și lunile, mișcarea planetelor, poziția Soarelui și a Lunii. Orologiul din Strassbourg, construit cu măiestrie extraordinară în 1352, și orologiul din Praga, o adevărată capodoperă, construit în 1419, se mai mențin și azi în stare de funcționare.

Tot un orologiu mecanic imens este și orologiul din turnul Spasski din Moscova, care ocupă trei etaje ale acestui turn: etajul VII îl ocupă cadranul, etajul VIII mecanismele, iar la etajul IX se găseau niște clopote care sunau la fiecare oră trecută. Pentru a făuri aceste orologii monumentale, maeștri neîntrecuți și-au închinat zeci de ani de existență. Opera lor remarcabilă a intrat în legendă. Potrivit unei legende, iscusitului meșter făuritor al orologiului din Strassbourg i-au fost scoși ochii din ordinul celor care l-au tocmit să înfăptuiască opera, pentru ca nu cumva el să mai poată construi altundeva un orologiu la fel de minunat.

Solide și monumentale, trainice și durabile, aceste orologii cu roată, deși superioare ceasornicelor cu nisip și cu apă, datorită marii greutăți a pieselor în mișcare și a frecării considerabile, aveau o variație de cîteva minute zilnic.

Un pas însemnat în înlăturarea acestei dificultăți îl constituie descoperirea de către Galileu a legilor pendulului. Marele savant al Renașterii a formulat legea izocronismului micilor oscilații ale pendulului, potrivit căreia perioada de oscilație a pendulului este aceeași indiferent de masa sa. Avînd rolul de a uniformiza mișcarea accelerată a roților, pendulul și-a putut găsi aplicare în construcția ceasurilor. Se pare că primul orologiu cu pendul a fost construit de mecanicul german Bürgi din Kassel prin 1612. Totuși adevăratul inventator al orologiului modern cu pendul

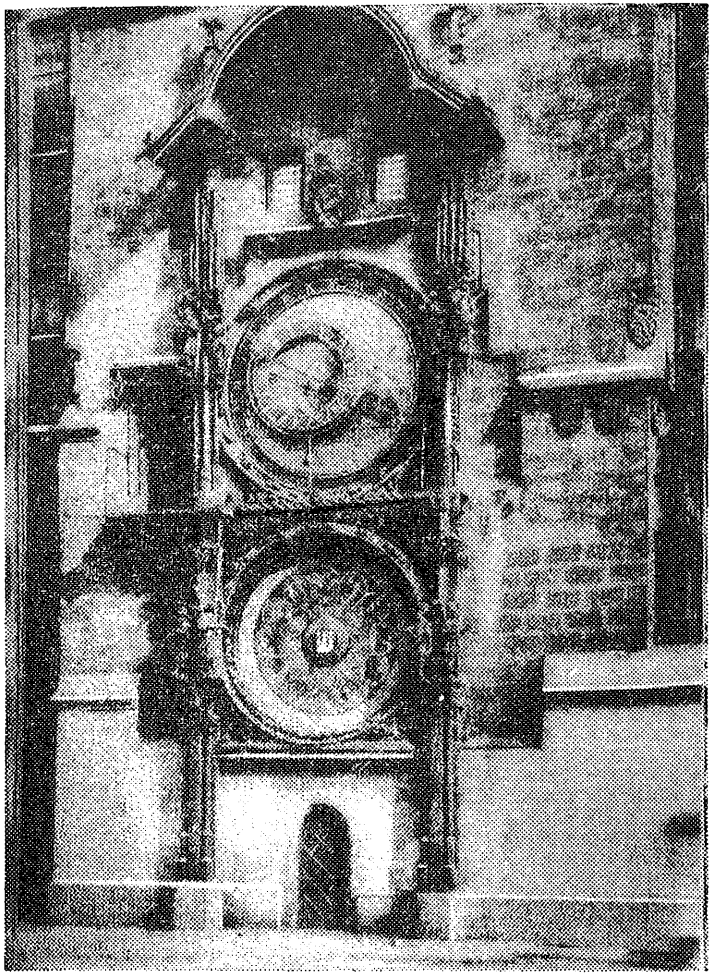


Fig. 12 — Orologiul din Praga

trebuie considerat savantul matematician și fizician olandez Christian Huygens. El a construit, în 1656, un ceas cu pendul și a elaborat teoria matematică a pendulului. În 1673, el reușește să obțină un orologiu cu pendul cu o precizie foarte mare pentru acele vremuri, și anume de 5—10 sec. pe zi.

Dezvoltarea ceasurilor cu pendul și îmbunătățirea construcției lor au dat posibilitatea măsurării orei cu o precizie mai mare. În construcția ceasurilor cu pendul, folosite în special în astronomie, s-a ținut cont de faptul că pendulul își mărește prin dilatare lungimea; de aceea, tija lui a fost făcută din materiale cu coeficienți de dilatare foarte mici.

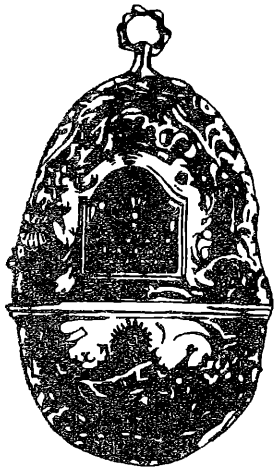


Fig. 13 — Ceasul lui Kulibin

Pendulele de precizie se țin în condiții speciale de temperatură constantă și presiune, în cave, unde nu ajung trepidațiile. În aceste condiții, pendulele au un mers[1] foarte bun, constant, de ordinul cîtorva sutimi de secundă pe zi. Pînă în ultima vreme, aceste pendule au servit mult observatoarelor astronomice pentru studiile lor.

Perfecționarea principiilor de funcționare a ceasornicelor implică o îmbunătățire a construcției lor în ansamblu.

La sfîrșitul secolului al XV-lea și începutul secolului al XVI-lea, greutatea incomodă care constituia forța motoare se înlocuiește cu un arc, prin a cărui desfășurare se asigură funcționarea mecanismului. Un balansier are și aici rolul de a asigura mișcarea uniformă, căci arcul, prin desfășurare, își micșorează tensiunea.

Apariția ceasurilor cu arc se datorește unui lăcătuș din Nürenberg, anume Peter Henleim. De aceea, primele ceasuri cu arc au fost denumite „micile ouă vii din Nürenberg".

Ceasurile cu arc s-au răspîndit foarte repede în secolul al XVI-lea, căci ele prezentau prin dimensiunile reduse un

[1] Se numește mers al unui ceas intervalul de timp cu care înaintează sau rămîne în urmă în 24 de ore.

avantaj net asupra celor dinainte. Ele s-au perfecționat mereu. La început, arcurile erau din păr, apoi din oțel. Primele ceasuri cu arc nu aveau decît un singur ac, care indica orele. Ceasul cu două ace, indicînd orele și minutele, s-a construit pentru prima dată pe la mijlocul secolului al XVI-lea iar cel cu secundar, de-abia în a doua jumătate a secolului al XVIII-lea.

Unele ceasuri au constituit adevărate opere de artă, dotate cu automate foarte interesante. Astfel s-a remarcat ceasul construit în Rusia în 1767, de Ivan Petrovici Kulîbin[1]. Ceasul avea dimensiunile unui ou, indica prin bătăi ora, jumătățile de oră și sferturile de oră, iar la fiecare oră, ușile unui castel de aur se deschideau și se desfășura o veritabilă reprezentație.

De istoria ceasului sînt legate numele lui Pierre Augustin Caron, ceasornicar din Paris, care devine marele scriitor francez Pierre de Beaumarchais; numele lui Voltaire care pune la Ferney, lîngă Geneva, bazele viitoarei industrii de ceasuri genoveze. Industria ceasurilor s-a dezvoltat foarte repede, iar unele orașe au căpătat o adevărată celebritate în acest domeniu.

[1] Ivan Petrovici Kulîbin s-a născut în 1735, la Nijni-Novgorod (Gorki). El a fost un mecanic iscusit și s-a interesat și de ceasornicărie.

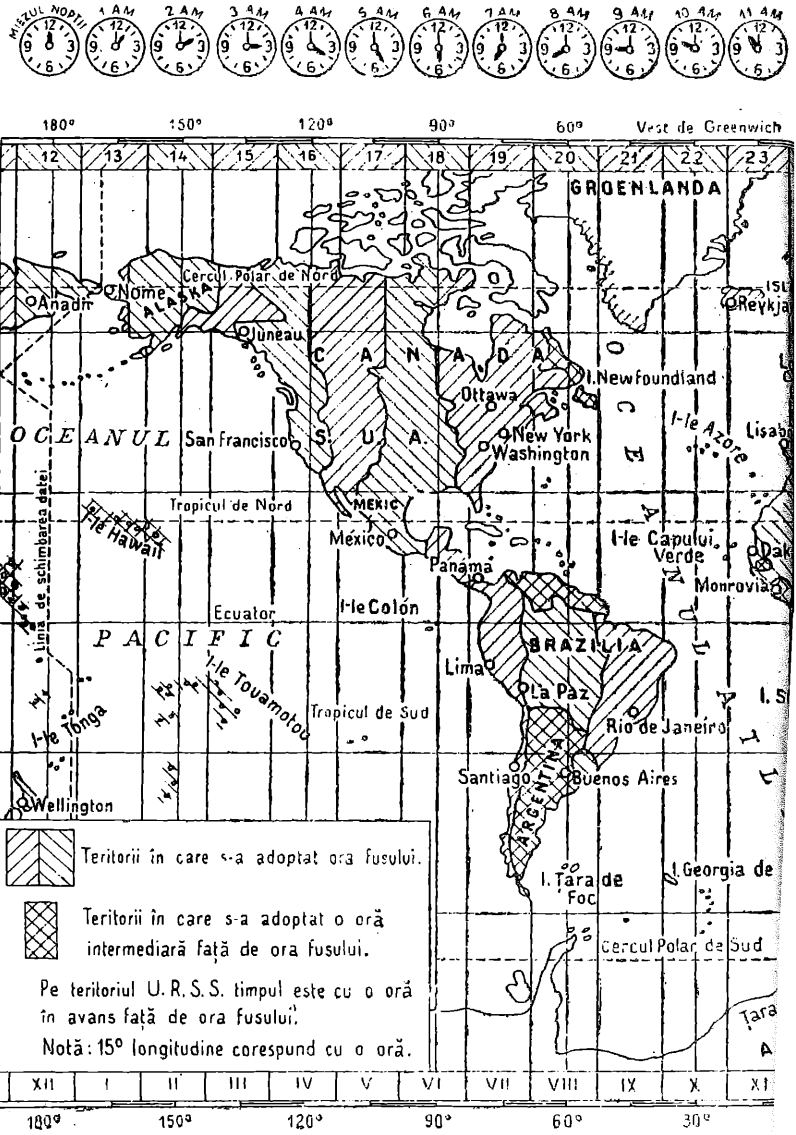
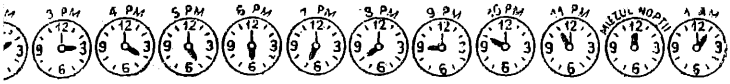
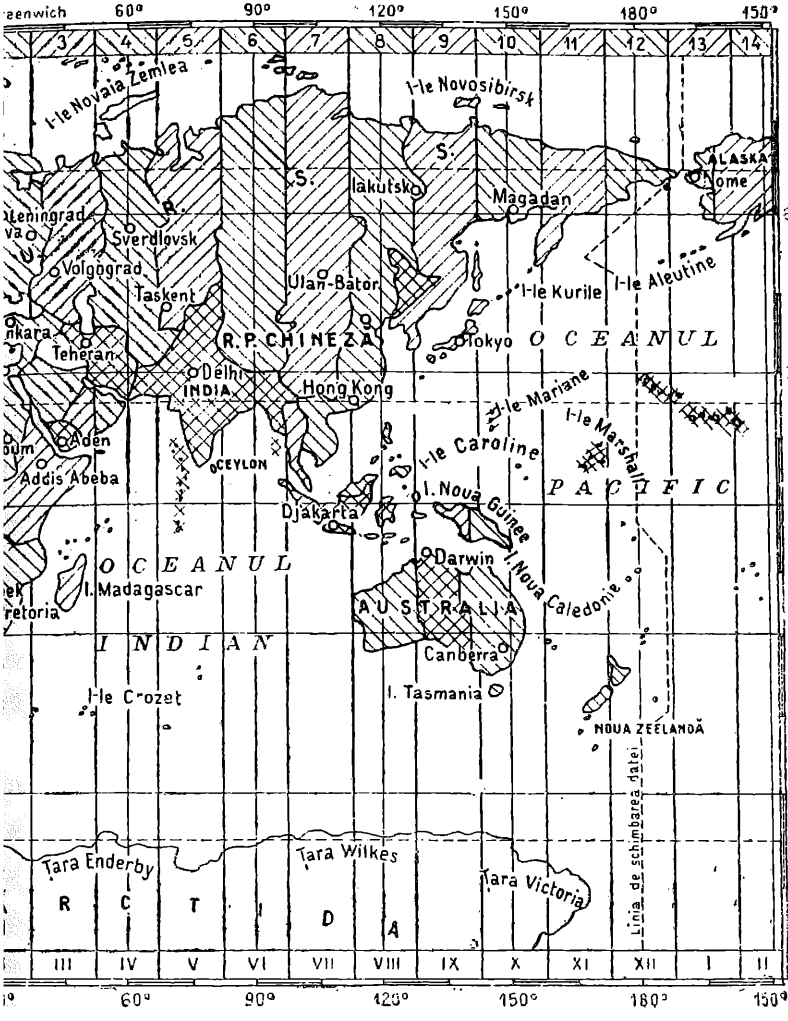


Fig. 14 — Impărțirea globului pămîntesc în fuse orare


3 PM
4 PM
5 PM
6 PM
7 PM
8 PM
9 PM
10 PM
11 PM
MIEZUL NOPȚII
1 AM


Greenwich
60°
90°
120°
150°
180°
150°
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
I-le Novaia Zemlea
I-le Novosibirsk
Iakutsk
Magadan
ALASKA
Nome
Leningrad
Sverdlovsk
Volgograd
Taskent
Ulan-Bator
I-le Kurile
I-le Aleutine
R.P. CHINEZĂ
Tokyo
O C E A N U L
Teheran
Delhi
INDIA
Hong Kong
I-le Mariane
I-le Marshall
I-le Caroline
Aden
Addis Abeba
CEYLON
P A C I F I C
Djakarta
I. Nova Guinee
O C E A N U L
I. Madagascar
Darwin
I. Nova Caledonie
A U S T R A L I A
I N D I A N
Canberra
I-le Crozet
I. Tasmania
NOUA ZEELANDĂ
Linia de schimbare a datei
Tara Enderby
Tara Wilkes
Tara Victoria
R
C
T
D
A
60°
30°
0°
30°
60°
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
I
II

Călătoriile pe mare și... cronometrele marine

Navigația constituie una din preocupările oamenilor încă din antichitate. O călătorie pe mare în acele vremuri era deosebit de riscantă, din cauza corăbiilor puțin rezistente la furtuni și slaba înzestrare cu mijloace de orientare. Navigatorii acelor vremuri aveau la dispoziție ca singur instrument de orientare busola și în nopțile senine, bolta cerească.

Dezvoltarea navigației, o dată cu dezvoltarea comerțului și cu marile descoperiri geografice, necesita mijloace mai precise de orientare pe mare.

Fiecare vapor în plină mare trebuia să-și cunoască cu exactitate poziția geografică, deci în primul rînd latitudinea și longitudinea locului. Latitudinea locului se poate determina ușor. Pentru aceasta este necesar ca la amiază, cînd Soarele se află la punctul cel mai ridicat deasupra orizontului, să se măsoare unghiul sub care el se vede față de orizontală. Cunoscînd data, se poate determina din tabele corespunzătoare latitudinea locului. Aceeași măsurare se poate efectua și noaptea asupra stelelor.

Determinarea longitudinii unui loc pe mare a fost o problemă mult mai greu de rezolvat. S-a ajuns chiar ca, în secolul al XVIII-lea, guvernele țărilor interesate în navigație să promită un premiu mare savantului sau inventatorului care va găsi un mijloc precis și comod pentru determinarea longitudinii. Determinarea longitudinii înseamnă în fond determinarea a cîte grade, minute și secunde despart meridianul locului de observație de meridianul Greenwich. Știm că ora locală a Greenwichului este timpul universal și

că fiecare fus orar are 15° longitudine, care corespund unei ore. Cunoscînd astfel orele locale ale unui punct de observație și a Greenwichului, din diferența lor se poate determina diferența de longitudine.

În general, deci, cunoscînd ora locală a punctului de observație și ora locală a unui alt punct a cărui longitudine o cunoaștem, se poate determina longitudinea necunoscută. Un mic instrument de măsură, numit sextant, ajută la determinarea orei locale. Cu ajutorul sextantului se determină, în fond, înălțimea unui astru deasupra orizontului și dacă se lucrează asupra Soarelui, se poate determina ora locală. Observatorul își începe observația puțin înainte de amiază, însemnînd înălțimea Soarelui deasupra orizontului. Făcînd mai multe observații, se determină exact momentul celei mai mari înălțimi deasupra orizontului, deci se determină amiaza.

Trebuie însă aflată și ora locală a unui punct de longitudine cunoscută. Găsirea unei soluții în această problemă a necesitat cercetări îndelungate.

Unii savanți au propus să se observe eclipsele de Lună și Soare. Aceste eclipse erau calculate dinainte împreună cu momentele de observație în timp universal, deci în momentul eclipsei se putea cunoaște exact timpul universal. S-a propus și urmărirea eclipselor sateliților lui Iupiter cu ajutorul unei mici lunete, aceste eclipse fiind observate simultan pe toate regiunile globului, datorită distanței mari care ne desparte de planeta Iupiter.

Aceste metode de observare a eclipselor erau destul de dificile, căci eclipsele nu erau fenomene atît de dese, iar longitudinea trebuie determinată în fiecare zi și în fiecare noapte.

S-a ajuns la concluzia că, dacă ar exista un ceas cu un mers foarte bun, care să fie luat pe un vapor și să indice ora meridianului origine, problema aflării longitudinii ar fi rezolvată.

O eroare în calculul timpului, de un minut la latitudinea noastră corespunde unei erori de 15 km în determinarea poziției, iar la ecuator, unei erori de 27,6 km. Iată de ce nu orice ceas se putea folosi drept cronometru marin, căci în cursul lungilor călătorii, care durau săptămîni și luni în șir, se putea acumula o eroare destul de mare în determinarea orei, deci a longitudinii. În Anglia, ceasornicarul Harrison s-a ocupat, începînd din 1734, de construcția unui orologiu marin de mare precizie și după 30 de ani problema a fost rezolvată complet. Orologiul construit de el a fost luat în ultimul voiaj de încercare de 31 de zile de la Portsmouth pînă în Jamaica. După 161 de zile de călătorie, orologiul prezenta o abatere de cîteva zeci de secunde. După 30 de ani de tergiversări, Academia engleză îi oferă premiul promis pentru această invenție.

Independent și paralel în Franța, Pierre de Leroy, ceasornicar, lucrează la aceeași problemă, obținînd rezultate excelente. Dar mulți ani au trebuit să treacă pînă cînd dreptul la premiul Academiei franceze să-i fie recunoscut.

Azi, pe bordul navelor, ora universală este păstrată cu ajutorul cronometrelor marine, care măsoară timpul pînă la sutimea de secundă.

Datorită dezvoltării legăturilor radio, conservarea orei a devenit foarte simplă. Transmiterea semnalelor orare de secundă prin radio de fiecare post de emisiune permite reglarea ceasurilor cu precizie.

Determinarea orei exacte

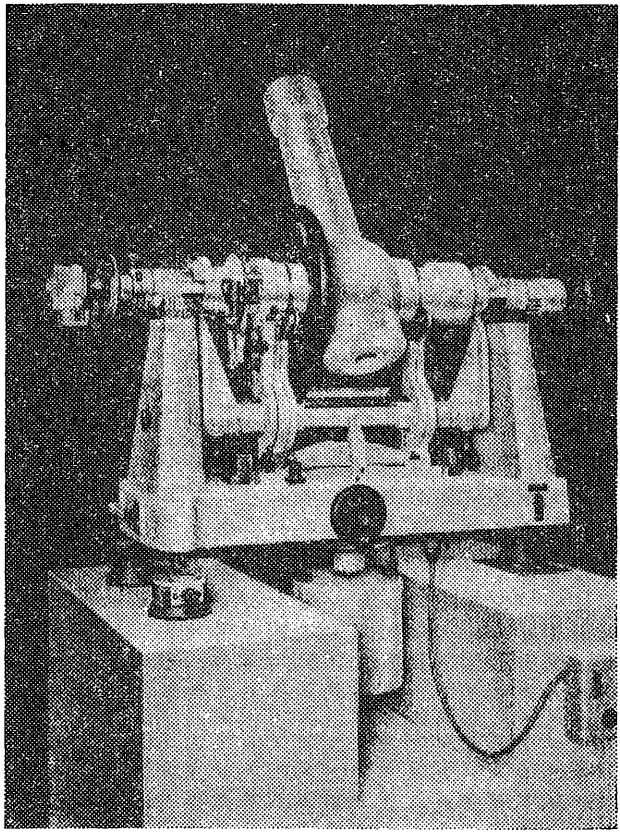
Știința și tehnica modernă cer cunoașterea timpului cu o mare precizie. Ora exactă se determină în observatoarele astronomice prin observații riguroase.

Am arătat că etalonul natural de timp folosit încă azi este mișcarea de rotație a Pământului în jurul axei sale. Acesta este ceasul uriaș pe care-l folosim și după care ne corectăm propriile noastre ceasuri. Compararea ceasurilor de care dispunem cu acest uriaș orologiu natural se face numai prin observații astronomice. Iată de ce, pe lîngă multe observatoare astronomice, există un serviciu orar, care se ocupă cu determinarea orei exacte și păstrarea ei.

Observațiile de determinare a orei exacte se pot face fie asupra Soarelui, fie asupra stelelor, acestea din urmă dînd rezultate mai precise.

Orice lunetă meridiană poate servi pentru determinarea orei; serviciile orare folosesc o lunetă specială de pasaj, — lunetă meridiană — cu ajutorul căreia se fac observații asupra trecerii stelelor la meridianul unui loc dat. Luneta meridiană are posibilitatea să se miște numai în planul meridianului locului. Ea se rotește în jurul unei axe orizontale, așezată în direcția est-vest. În lunetă se văd trecînd stele în apropierea meridianului, deci cu ea se poate determina exact momentul trecerii unei stele la meridian. Acest moment are importanță esențială, căci cu ajutorul lui se determină ora exactă.

Să ne așezăm lîngă o astfel de lunetă și să observăm cum se fac determinările. Luneta are un obiectiv și un ocular așezat la 90° față de obiectiv, lumina fiind trimisă în ocular prin-



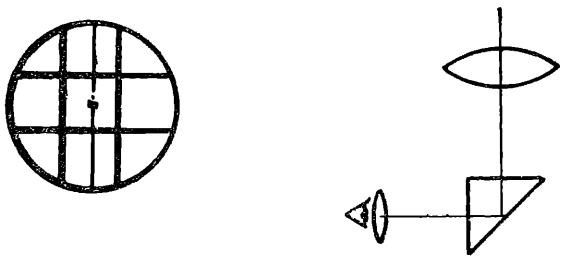


Fig. 15 — Luneta de pasaj cu care se fac determinările de oră; dreapta: schema optică a lunetei; stînga: aspectul cîmpului lunetei

tr-o prismă. Obiectivul este îndreptat spre bolta cerească, iar ocularul spre ochiul observatorului (fig. 15).

Să privim în ocular. În cîmpul lunetei apar stelele ca niște mici puncte luminoase care se deplasează. Dacă privim bolta cerească cu ochiul liber, nu ne putem da seama de această mișcare a stelelor, care în fond este aparentă și se datorește mișcării de rotație a Pămîntului. Prin luneta care mărește de 100—200 de ori putem vedea deplasarea stelelor. Cele din apropierea Polului Nord ceresc, deci din apropierea Stelei Polare, se deplasează mai încet; stelele din apropierea ecuatorului mai repede.

În ocularul lunetei apar niște așa-zise fire reticulare, care împart cîmpul de observație în intervale (fig. 15 jos, stînga). Sînt două fire orizontale între care se observă trecerea stelei prin cîmp, sînt altele verticale care indică intervalele în care steaua trebuie observată. Alături de firele verticale, care indică intervalul de observație, mai există un fir vertical mobil, cu care se face observația; ea constă în punctarea stelei în timpul deplasării ei cu ajutorul firului mobil. Orice stea se urmărește înainte și după trecerea ei la meridian.

În timpul observației, luneta este pusă în legătură cu un cronograf imprimant și, cu ajutorul unui micrometru cu contacte electrice, se înregistrează la cronograf o serie de momente ale observației.

Din media acestor momente ale trecerii stelei înainte și după meridian se determină momentul exact al trecerii ei la meridian.

La cronograful imprimant, alături de înregistrarea stelelor, se face și înregistrarea ceasului pe care-l comparăm cu mișcarea de rotație a Pămîntului.

Din prelucrarea datelor de observație printr-un întreg sistem de calcule se determină corecția ceasului față de rotația Pămîntului, deci se determină timpul adevărat, timpul astronomic.

Serviciul orar al Observatorului astronomic al Academiei R.P.R. posedă o lunetă de pasaj cu care se execută observaţiile necesare serviciului orar (fig. 15). Prin observaţiile cu luneta de pasaj, eroarea medie cu care se determină ora este mai mică decît o sutime de secundă. Pentru asigurarea unor rezultate bune se observă serii de cîte 12 stele, încît eroarea să fie redusă.

Observarea la acest instrument, la unele mari observatoare, a fost complet automatizată prin înlocuirea observatorului cu o celulă fotoelectrică[1]. Prin acţiunea luminii stelei asupra acestei celule se formează un curent fotoelectric care amplificat acţionează releul unui cronograf; acesta imprimă foarte precis momentele trecerii stelei prin cîmpul lunetei. Înregistrarea fotoelectrică a trecerii stelelor la meridian este o metodă mult mai precisă decît observaţia vizuală, prin faptul că se exclud prin ea erorile personale ale observatorului.

Metoda înregistrării fotoelectrice a fost aplicată pentru prima dată la Pulkovo (Observatorul de lîngă Leningrad) în 1939, de către savantul sovietic N.N. Pavlov.

---

[1] Celula fotoelectrică conţine un fotoelement, adică un corp care sub acţiunea luminii, dă naştere unui curent electric.

Cum păstrăm ora exactă?

Serviciul timp al unui observator astronomic nu numai că determină prin observații ora exactă, dar totodată păstrează această oră de la o determinare la alta. Observații astronomice se pot face numai atunci cînd timpul e favorabil pentru aceasta, adică numai atunci cînd cerul e senin.

Aparatele cu ajutorul cărora serviciul timp păstrează ora exactă sînt niște ceasuri de mare precizie, niște orologii astronomice. Ele sînt comparate prin observații astronomice cu etalonul natural de timp, mișcarea de rotație a Pămîntului, determinîndu-li-se astfel corecția. Cunoscînd corecția ceasului și adăugînd-o sau scăzînd-o la ora indicată de ceas, se obține timpul corect, adevărat.

Ca păstrătoare de timp sau orologii astronomice au fost folosite, pînă în ultima vreme, pendule de mare precizie. Astfel de pendule sînt pendulele fundamentale de la Observatorul astronomic al Academiei R.P.R., „Leroy" de timp civil și „Riefler" de timp sideral (fig. 16). Cu aceste pendule s-au făcut observațiile astronomice pînă în 1957, cînd a luat ființă serviciul timp dotat cu aparatură modernă.

Ultimele decenii au cunoscut o serie de descoperiri și invenții care au depășit limitele preciziei orologiilor cu pendul. S-au realizat orologiile cu cuarț — orologii moderne de înaltă precizie. La baza construirii acestor noi tipuri de ceasuri a stat, de asemenea, principiul folosirii unei mișcări oscilatorii deci a unui fenomen periodic. În locul oscilațiilor unui pendul se folosesc oscilațiile elastice ale unui cristal de cuarț cu proprietatea de piezoelectricitate. Ce înseamnă piezoelectricitate? O lamă de cuarț tăiată convenabil pre-

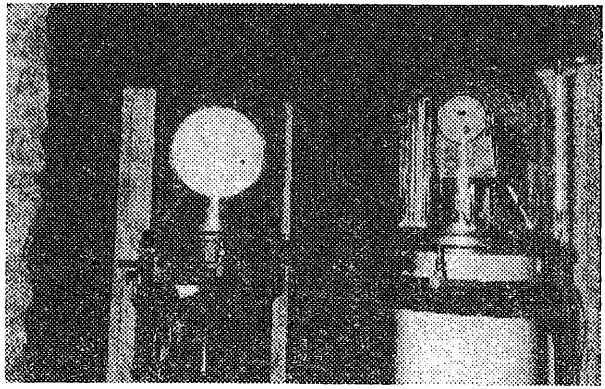


Fig. 16 — Pendulele fundamentale Riefler (stînga) de timp sideral și Leroy (dreapta) de timp mediu ale Observatorului astronomic din București

zintă remarcabila proprietate că, supusă unei presiuni mecanice, pe fețele cuarțului apar sarcini electrice de semne contrare. Există și fenomenul invers, căci, dacă se aplică pe fețele cristalului de cuarț o diferență de potențial alternativă, lama începe să vibreze.

Descoperirea piezoelectricității a avut o mică istorie. În 1780, Coulomb[1] arată pentru prima dată că există în natură anumite substanțe la care, în urma unei presiuni exercitate asupra lor, apar pe fața opusă acțiunii sarcini electrice. În 1817, fizicianul Hauy constată dezvoltarea sarcinilor electrice egale și de semn contrar pe fețele a două substanțe comprimate una peste cealaltă, această electrizare persistînd după aplicarea presiunii. H. Becquerel[2] studiază și el acest fenomen, dar în 1883, Pierre Curie[3]

---

[1] Charles Coulomb (1736—1806), fizician francez, a descoperit legea atracției sarcinilor electrice.

[2] Becquerel Henri (1852—1908), fizician francez, a descoperit în 1896 fenomenul de radioactivitate.

[3] Pierre Curie (1859—1906), fizician și chimist francez, a descoperit fenomenul de piezoelectricitate. Împreună cu soția sa, Maria Skolodowska, a descoperit radiul și poloniul.

găsește această proprietate pentru cristalul de cuarț și o numește piezoelectricitate. Fizicianul Lippman arată că fenomenul este reversibil și se ajunge astfel la folosirea cristalului de cuarț în radiotehnică pentru a menține constantă frecvența emițătoarelor.

În 1929, inginerul W.A. Marrison creează primul orologiu cu cuarț, care a fost apoi îmbunătățit de inginerii Schreibe și Adelsberger.

Orologiul cu cuarț actual conține un generator de înaltă frecvență[1], stabilizat printr-un cristal de cuarț; deci lama de cuarț are numai rolul de a menține constantă frecvența generatorului. Un divizor de frecvență scade frecvența dată de generator de la sute de mii de perioade pe secundă pînă la 1 000 de perioade pe secundă.

Această frecvență este introdusă într-un motor, care face să se rotească acele indicatoare ale ceasului, închide contactele releelor de la care se emit semnale orare sau comandă contactele unui cronograf etc. Dacă frecvența

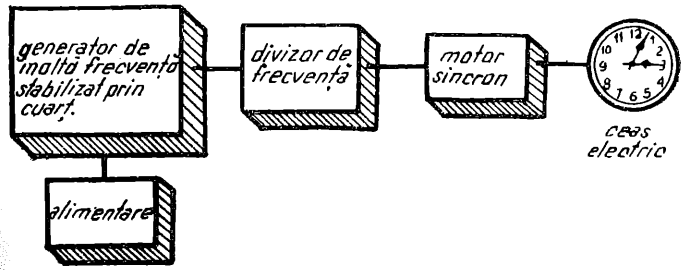


Fig. 17 — Schema bloc a unui orologiu cu cuarț

dată de generator este constantă, ceasul va merge foarte bine, constant.

Calitatea unui orologiu este determinată de faptul dacă el rămîne în urmă sau avansează zilnic cu aceeași cantitate (mers). Avînd mersul constant, el păstrează timpul cu preci-

[1] Se numește frecvență a unei vibrații numărul de oscilații executate pe secundă.

zie, căci cunoscînd mersul zilnic al orologiului, îi putem aplica o corecție la ora indicată pentru a căpăta ora reală. Dacă mersul orologiului variază, aceste variații afectează determinarea cu precizie a orei.

Pentru o bună funcționare, cristalul de cuarț este închis într-o lampă din care s-a scos aerul, iar tot ansamblul este supus unei temperaturi constante, asigurată printr-un sistem dublu de termostatare, astfel încît variațiile de temperatură să nu atingă miimea de grad.

Orologiile cu cuarț actuale sînt foarte perfecționate, ajungîndu-se practic ca ele să indice timpul cu precizie pînă la sutimea de miime de secundă.

Serviciul timp al Observatorului astronomic al Academiei R.P.R. posedă două orologii cu cuarț care lucrează pe frecvența de 100 000 cicli pe secundă. Ele asigură cunoașterea și păstrarea timpului cu precizie și dau miimea de secundă necesară în observații astronomice.

Etaloane de timp. „Orologiile atomice"

Descoperirea și folosirea orologiilor cu cuarț au pus în evidență un fapt foarte important, și anume că etalonul natural de timp — mișcarea de rotație a Pămîntului — nu este un fenomen chiar atît de uniform precum se credea. Avînd acum la dispoziție mijloace de a compara rotația Pămîntului cu alte mișcări periodice precise, cum e, de exemplu, oscilația cristalului de cuarț, s-a constatat că viteza de rotație a Pămîntului nu e constantă, ci prezintă fluctuații. Am arătat că prin studiul mișcării Lunii s-au pus în evidență fluctuațiile seculare, iar cu ajutorul ceasurilor cu cuarț s-au pus în evidență fluctuațiile sezoniere ale mișcării de rotație. Fluctuațiile sezoniere, precum și cele neregulate ale mișcării de rotație a Pămîntului sînt însoțite și de faptul că axa de rotație nu are o direcție bine determinată nord-sud. Axa de rotație a Pămîntului prezintă variații, descriind pe suprafața acestuia o așa-numită polodie, o curbă efectuată de polul pămîntesc în timpul fluctuațiilor sale. Nu putem deci spune că Polul Nord pămîntesc se află într-un punct bine determinat, ci el oscilează în jurul unei poziții mijlocii, descriind amintita polodie. Această curbă nu are dimensiuni mari, ea putînd fi înscrisă într-un pătrat cu latura de 15 m.

Deplasarea polilor schimbă sistemul de longitudini, deci are influență asupra orei. Pentru a determina timpul cu precizie trebuie să se țină seama de o serie de corecții datorite deplasării polilor care sînt de ordinul miimilor de secundă. Etalonul natural de timp, rotația Pămîntului, suferă deci de unele imperfecțiuni și omul, constatînd acest fapt, a

căutat să găsească mijloace cît mai perfecționate pentru măsurarea timpului, să stabilească un nou etalon de timp.

Numai studiul unei mișcări oscilatorii mai perfecte decît rotația Pămîntului putea să-i ducă pe cercetători pe drumul cel bun. S-a folosit, în primul rînd, în măsurarea timpului mișcarea oscilatorie a cristalului de cuarț ceea ce a adus reale foloase. Dar însuși cristalul de cuarț prezintă în timp o „îmbătrînire" inevitabilă, care atrage schimbarea condițiilor de funcționare, deci o imprecizie în măsurarea timpului. În lumea microcosmosului, în lumea infinitului mic, s-au putut găsi mișcări care, prin uniformitatea lor, să constituie etaloane de timp.

Pătrunzînd cu gîndul în interiorul unei molecule, omul și-a dat seama că aici poate găsi un izvor veșnic de mișcare uniformă, mișcarea de oscilație a atomilor în interiorul moleculei, mișcare ce are o frecvență neînchipuit de constantă. Pentru exemplificare să luăm un pendul pe suprafața Pămîntului; mutat dintr-un loc în altul, el prezintă variații în perioadă, datorită variației accelerației gravitaționale[1]. Perioada unui pendul depinde de accelerația gravitațională. Același pendul pus în condițiile unui alt corp ceresc, să zicem al stelei vecine lui Sirius, unde forța de atracție este de 30 000 de ori mai mare ca pe Pămînt, își va schimba perioada, astfel că, dacă pe Pămînt execută o oscilație pe secundă, acolo va executa 140 de oscilații pe secundă. Luînd însă o moleculă și considerînd-o în aceleași condiții, atomii din interiorul ei își vor schimba foarte puțin frecvența de oscilație, aproape insensibil.

Iată deci cum a luat naștere ideea etalonului atomic pentru timp, mai bine-zis etalon molecular, căci folosește oscilația atomilor în interiorul moleculei.

Primele ceasuri atomice au fost construite începînd din 1949. Consultînd schema bloc, vedem că ele sînt formate dintr-un generator de înaltă frecvență, stabilizat prin cristal

[1] Accelerația gravitațională — accelerația pe care o au corpurile în cădere spre Pămînt.

de cuarț, un multiplicator de frecvență, un ghid de unde și un discriminator, întregul sistem asigurînd o frecvență foarte constantă, ca apoi această frecvență printr-un divizor de frecvență să treacă la un motor sincron care să conducă ceasul propriu-zis. Generatorul de frecvență dă o frecvență

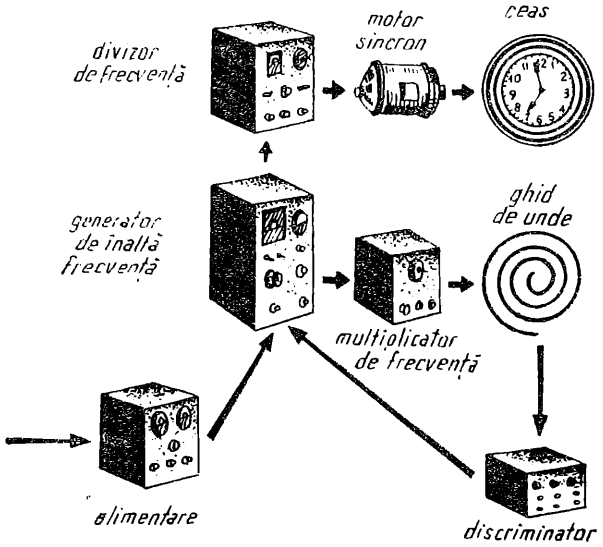


Fig. 18 — Schema bloc a orologiului atomic

de 200 000 — 300 000 de cicli pe secundă, care apoi e trecută multiplicatorului ce o ridică în domeniul hiperfrecvențelor[1], și anume 24 de miliarde de cicli pe secundă, acest curent fiind apoi dirijat spre un ghid de unde plin cu amoniac. Ghidul de unde este o linie de transport a energiei, dar de un caracter special, căci condițiile de transmisiune ale energiei electromagnetice sînt în funcție de frecvența curentului. În transmisiunea curentului alternativ industrial (50 de perioade pe secundă) se folosesc conductoarele pline. Curentul de înaltă frecvență circulă în special la suprafața

[1] Hiperfrecvență — frecvență foarte înaltă.

conductoarelor din care cauză pentru transmiterea lui la distanță se folosesc conductoarele tubulare.

Cea mai bună formă de conductor pentru curentul de înaltă frecvență (unde metrice și centimetrice) a fost găsit cablul coaxial, care constă dintr-un tub cu un fir central. Prin acest fel de conductor pentru unde mai scurte centimetrice sau și mai scurte s-a constatat că se produce o pierdere de energie. Utilizînd un tub metalic — ghid de unde — pierderea de energie este mult redusă.

În alcătuirea etalonului molecular găsim un astfel de ghid de unde umplut cu amoniac. Undele ce se propagă prin ghid provoacă oscilația moleculelor de amoniac. Fenomenul are maximum de intensitate atunci cînd frecvența proprie de oscilație a moleculelor de amoniac coincide cu cea a curentului alternativ ce trece. Absorbția energiei în ghidul de unde crește atunci foarte mult. Dacă frecvența curentului dată de generatorul cu cuarț variază puțin, nemaifiind egală cu cea de oscilație proprie a moleculelor de amoniac, se declanșează automat un semnal de alarmă la un discriminator, care comandă generatorului de frecvență stabilizat prin cuarț să-și ridice sau să-și coboare frecvența, astfel ca hiperfrecvența obținută să coincidă cu cea de oscilație a moleculei de amoniac. Vedem deci că molecula de amoniac joacă aici același rol regulator pe care îl are cristalul de cuarț, în orologiul cu cuarț sau în orologiul cu pendul, pendulul impunînd însă o stabilitate foarte mare în frecvență.

Curentul de înaltă frecvență obținut în „orologiul molecular" este coborît pînă la 1 000 de cicli pe secundă în divizorul de frecvență și folosit la un motor sincron care pune în mișcare ceasul propriu-zis. Precizia cu care se determină timpul în acest gen de orologiu este milionimea de secundă.

Alături de „ceasurile moleculare" cu amoniac au apărut și „ceasurile atomice" cu cesiu. În locul hiperfrecvenței de 24 de miliarde de cicli pe secundă sau lungimii de undă de 13 mm, caracteristică moleculei de amoniac, se folosește frecvența anumitor electroni din atomul de cesiu care cores-

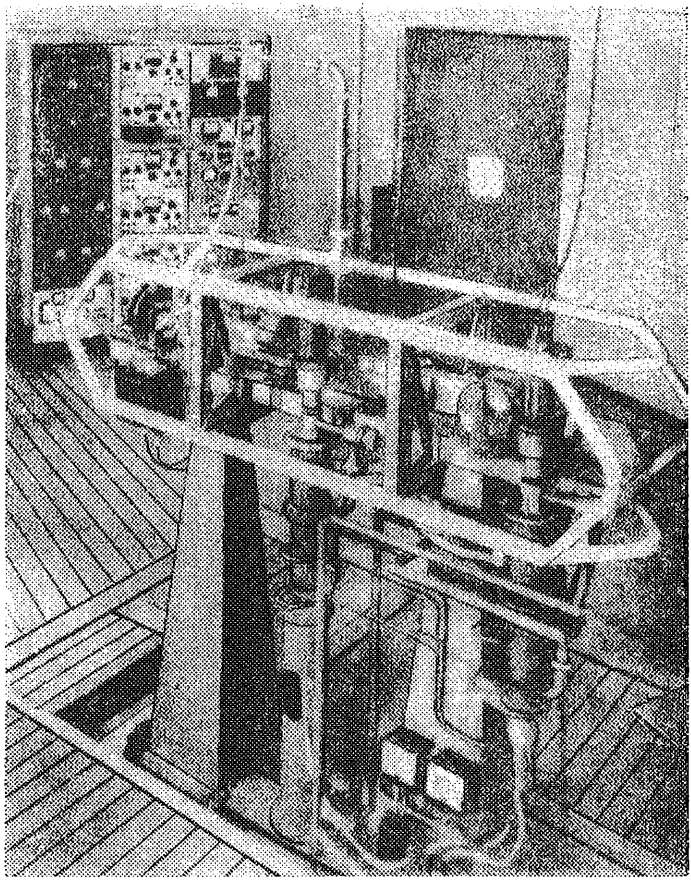


Fig. 19 — Etalonul de frecvență cu jet atomic de cesiu al lui Essen și Parry

punde lungimii de undă de 33 mm, lungime cu care se poate lucra mai ușor.

Etalonul de frecvență cu cesiu a fost construit de inginerii englezi Essen și Parry în 1955.

Comparările de frecvență a două etaloane cu cesiu, situate, de exemplu, în Anglia și S.U.A., se fac curent azi cu precizia de a zecea miliardime (10^{-10}).

Teoretic, cu ajutorul orologiului cu cesiu, în timp de 6 milioane de ani se ajunge la o abatere de 1 secundă. Practic, rezultatul nu e același, dar destul de bun, căci în 400 de ani un astfel de ceas avansează sau rămîne în urmă cu o secundă. Frecvența tuturor etaloanelor cu cesiu folosite în lumea întreagă trebuie să fie aceeași; în anul 1963, ea a avut valoarea 9 192 631 770 de cicli pe secundă.

Aceste ceasuri atît de perfecționate pe care geniul uman le-a putut crea, vor înlocui timpul dat de rotația Pămîntului și vor pune chiar în evidență neregularitățile acestei mișcări de rotație.

Transmiterea orei exacte

Sarcina serviciilor orare nu constă numai în determinarea și păstrarea orei exacte, dar și în transmiterea ei.

Transmiterea orei exacte are importanță pentru scopuri științifice, pentru transporturi aeriene, navale, căi ferate, pentru întreaga desfășurare a activității omului.

Pentru scopuri științifice, ora exactă este transmisă cu mare precizie cu ajutorul semnalelor orare emise de posturi radio-telegrafice, care asigură precizia la miimea de secundă. Aceste semnale sînt emise, în general, de marile observatoare astronomice din lume, după ceasurile atomice sau cu cuarț pe care le posedă. Semnalele sînt recepționate de toate observatoarele, recepția de semnale orare ajutînd la asigurarea mai precisă a timpului în fiecare observator, precum și la rezolvarea unor alte probleme științifice. Alături de observatoarele astronomice, institutele de geodezie și prospecții, de geografie folosesc în lucrările lor un timp cunoscut cu mare precizie.

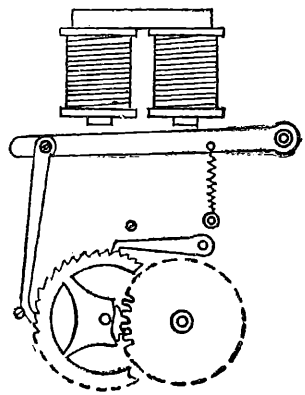


Fig. 20 — Mecanismul unui ceas electric receptor

Transmiterea orei pentru celelalte scopuri nu cere o precizie așa de mare. Radiodifuziunea transmite de mai multe ori pe zi semnale orare cu o precizie de 0,1 secunde, ora radiodifuziunii fiind uneori

asigurată tot de către Observatorul astronomic. (de exemplu, la București).

În răspîndirea orei pentru orașe, P.T.T., căi ferate etc., se folosesc orologiile electrice. Aceste orologii sînt formate dintr-un „orologiu-mamă" care, în genere, e un orologiu cu pendul și din orologii receptoare de oră. „Orologiul-mamă" este cel ce e controlat mereu și pus la oră, iar orologiile receptoare nu sînt de fapt orologii, ci doar niște indicatoare de oră. Un dispozitiv care primește impulsuri electrice din partea „orologiului-mamă" asigură deplasarea roților și deci a acelor orologiului receptor. Acest sistem e foarte comod, căci un „orologiu-mamă" controlat și pus la oră poate să conducă zeci de orologii receptoare, asigurînd astfel răspîndirea orei.

În ultimii ani s-au construit orologiile vorbitoare care indică și anunță ora, ele bazîndu-se pe principiul cinematografului vorbitor.

În vizită la serviciul orar al Observatorului astronomic al Academiei R.P.R.

Așezat într-o zonă pitorească a capitalei noastre, lîngă Parcul Libertății, Observatorul astronomic al Academiei R.P.R. își înalță silueta curioasă printre arborii ce-l înconjură.

Intrînd în curtea plină de vegetație, te izbește aspectul clădirii centrale a observatorului; masivă, de culoare roșiatică, avînd în una din extremități o cupolă verzuie, iar în cealaltă o sală imensă de observații, pe care o trădează existența unor trape[1] pe acoperiș. Construit în anul 1908, observatorul a fost dotat cu două instrumente mari care sînt și azi foarte apreciate: marele cerc meridian și ecuatorialul.

Primul își are lăcașul în sala de observații, sub prima treaptă, care noaptea se deschide spre a lăsa descoperită o porțiune de cer necesară observării stelelor. Cercul meridian este unul dintre cele mai mari și mai bune instrumente de acest gen din lume. El are deschiderea obiectivului de 19 cm și distanța focală de 2,35 m.

Al doilea instrument, ecuatorialul, așezat în cupola verzuie, este un instrument mare și frumos, avînd distanța focală de 6 m. El este îndreptat noapte de noapte spre diferite regiuni ale bolții cerești, fotografiind spațiile astrale. Observatorul mai poseda și o pendulă fundamentală „Leroy", care păstra ora determinată din observații astronomice.

În anii regimului nostru, observatorul a luat o amplă dezvoltare. Devenind în 1951 un institut de cercetare al

[1] Trapă — capac glisant.

Fig. 21 — Observatorul astronomic al Academiei R.P.R.

Academiei R.P.R. , el a fost dotat cu aparatura nouă, pe care o cere astronomia modernă. În 1957, cu ocazia participării la lucrările anului geofizic internațional, în Observator s-a format un modern serviciu orar. Tot în acești ani, în curtea Observatorului au mai apărut două cupole noi, cupola care adăpostește luneta solară, la care se fac observații zilnice asupra Soarelui, și nu de mult s-a construit cupola sub care este instalat un telescop cu deschiderea de 50 cm. O dată cu lansarea primilor sateliți artificiali a luat naștere un serviciu special care posedă o interesantă aparatură de observație.

Să ne întoarcem la serviciul orar al Observatorului. Pînă în anul 1957, ora exactă era asigurată pentru observații de cele două pendule fundamentale, așezate în subsolul observatorului, pendulele „Leroy" de timp solar mijlociu și „Riefler" de timp sideral (fig. 16). În cadrul anului geofizic internațional 1957—1958, care a cuprins și operația mondială de longitudini, s-a cerut participarea unui număr cît mai mare de observatoare dotate cu aparatură modernă. Un serviciu orar a luat naștere atunci la Observatorul din București.

Pentru observațiile astronomice necesare determinării orei exacte, observatorul a primit o lunetă Zeiss de pasaj

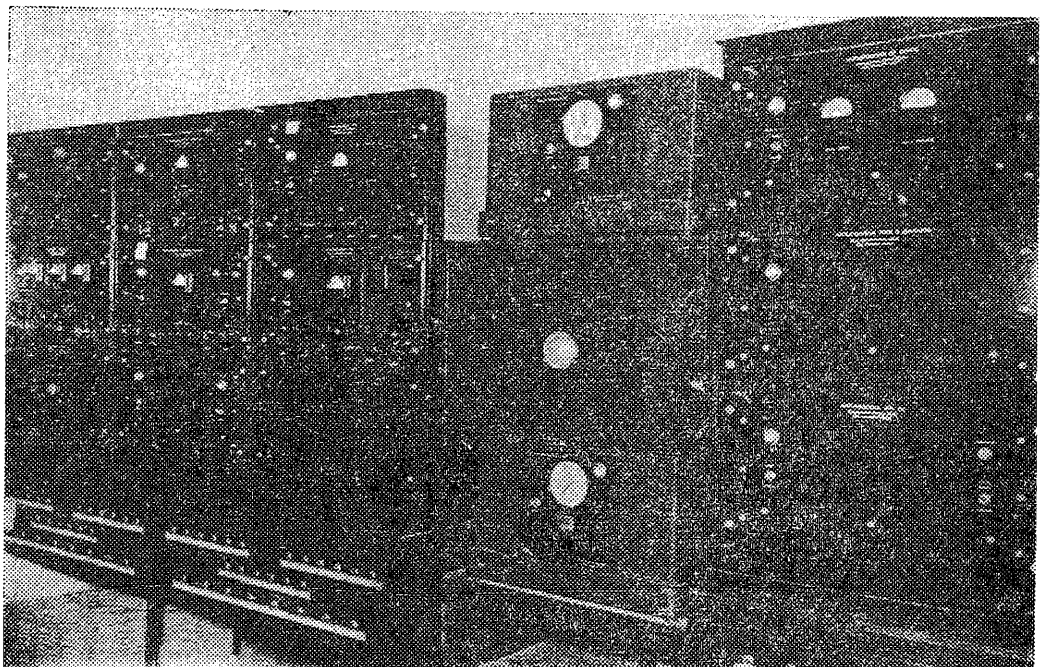


Fig. 22 — Ceasurile cu cuarț ale Observatorului din București

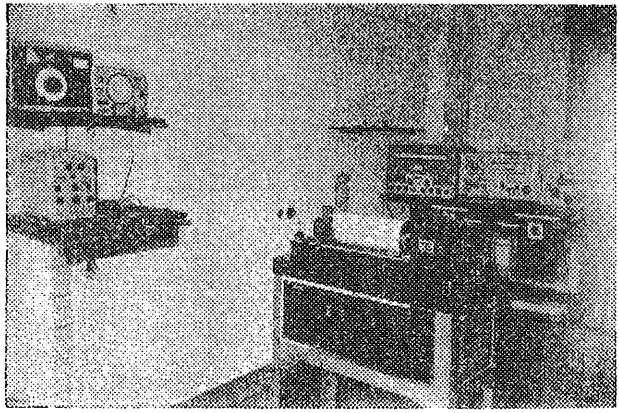


Fig. 23 — Cronograful cu cilindru pentru recepționarea semnelor orare

cu distanța focală de 1 m (fig. 15) și cu deschiderea obiectivului de 10 cm.

În același timp, se simțea nevoia unor ceasuri precise pentru păstrarea timpului astronomic, vechile ceasuri mecanice nemaicorespunzînd determinărilor astronomiei moderne. Două orologii cu cuarț „Belin" au fost aduse la serviciul orar.

Intrînd în sala unde sînt instalate, aspectul lor te impresionează. Ele nu seamănă de loc cu ceasurile cunoscute de noi pînă astăzi. Vedem un perete întreg acoperit de tablouri de comandă, un organism electronic de mare precizie. Existența a doua cadrane cu ace indicatoare ne sugerează că avem de-a face totuși cu niște ceasuri. Aceste orologii al căror mecanism l-am descris, asigură păstrarea timpului cu precizie mare. Pentru menținerea unei temperaturi constante, necesară bunei funcționări a oscilatorului cu cuarț un termostat dublu electronic asigură la fiecare dintre cele două lămpi cu cuarț temperatura de 53°C.

În aceeași încăpere în care sînt instalate ceasurile cu cuarț se mai găsește o instalație deosebită. Această instalație

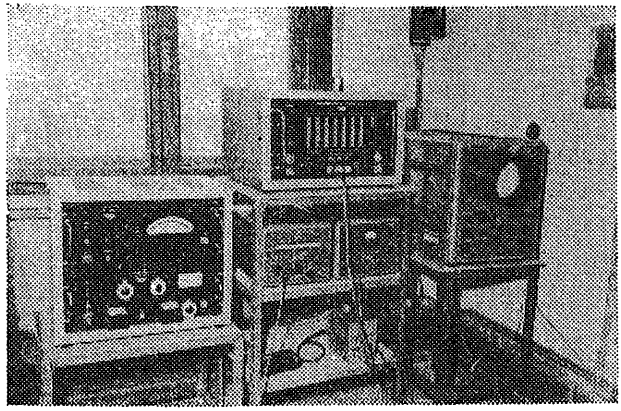


Fig. 24 — Aparatură nouă destinată serviciului orar

nu este altceva decît un cronograf cu cilindru, care folosește pentru înregistrarea semnalelor orare. Două aparate de recepție de bună calitate, împreună cu o antenă modernă cu lungimea de 150 m asigură recepționarea semnalelor orare de 14 ori pe zi. Aceste semnale orare emise cu precizie, după ceasuri atomice sau cu cuarț, de către marile observatoare din lume ajută la studiul unei serii de fenomene esențiale ca: propagarea undelor, rotația Pămîntului etc.

Buletinele orare scoase din semnalele înregistrate sînt trimise de către Observatorul din București la 31 observatoare din lume cu care el face schimb de publicații. Rezultatele serviciului orar sînt comunicate „Biroului internațional al orei", cu sediul la Paris, care centralizează rezultatele serviciilor orare din lumea întreagă.

Să pătrundem mai departe într-o încăpere alăturată instalației orologiilor cu cuarț. Aici întîlnim noi aparate moderne.

Două orologii cu cuarț cu tranzistoare atrag atenția. Unul dintre ele are o sarcină deosebită — aceea de a asigura ora exactă la radioteleviziunea noastră, în vederea difuzării orei exacte marelui public. Alături se află instalate cîteva

aparate noi care vor asigura în curînd o metodă perfecționată de recepționarea semnalelor orare. Pe pereți, penduli de tot felul asigură difuzarea orei în interiorul institutului. Într-adevăr ne găsim într-o cetate a ceasurilor.

Toate aceste realizări dovedesc interesul pe care-l depune statul nostru pentru dezvoltarea cercetărilor științifice. Sprijinul material acordat, prin înzestrarea institutului cu aparatură modernă, dă posibilitatea ridicării cercetării științifice la nivelul cerut de astronomia actuală

Biroul internațional al orei

Dezvoltarea telegrafiei fără fir la sfîrșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului al XX-lea a dat astronomilor ideea folosirii ei în scopul transmiterii semnalelor orare necesare atît de mult navigatorilor, exploratorilor, geodezilor etc. Am arătat că pentru determinarea longitudinii unui loc de pe Pămînt e necesar să se cunoască ora locală, precum și ora și longitudinea unui meridian origine (de exemplu, Greenwich). Problema cea mai grea era posibilitatea de a cunoaște ora locală a meridianului de origine (Greenwich). Această necesitate practică a dus la dezvoltarea și perfecționarea cronometrelor marine.

Dacă s-ar fi putut transmite semnale orare, problema ar fi fost rezolvată, căci aceste semnale recepționate dădeau ora localității origine. Înainte de 1900, un astfel de schimb nu se putea realiza decît prin telegrafia cu fir, deci între puncte apropiate ale aceluiași continent. În urma dezvoltării radiotelegrafiei, la Paris în 1908 se fac primele încercări de a se emite semnale orare. Semnalele trebuiau emise după o pendulă a Observatorului din Paris, legată la un post emițător a cărui antenă se ridica pînă la etajul III al Turnului Eiffel. La 23 mai 1910 se emit primele semnale orare de pe glob, apoi apar și alte posturi de emisiune în Germania, Anglia, S.U.A. etc. Recepționarea acestor semnale a pus în evidență mari discordanțe. Nu se cunoștea bine propagarea undelor hertziene și în același timp observațiile astronomice de oră nu se făceau în cele mai bune condiții. Se cerea cu insistență crearea unui for internațional care să conducă operațiile serviciilor orare.

În 1919 ia naștere Biroul Internațional al orei cu sediul la Paris.

Biroul Internațional al orei (B.I.H.) a condus în 1926 o acțiune importantă de măsurări de longitudini, iar în 1933 această operație a fost repetată. Rezultatele celor două acțiuni internaționale au fost studiate, ajungîndu-se la concluzia că o acțiune nouă trebuia organizată însă la un interval mai mare de timp. A treia operație internațională de longitudini a fost executată în cadrul anului geofizic internațional 1957 — 1958. În timpul celor 25 ani care au despărțit cea de-a doua și a treia acțiune internațională, tehnica nouă și-a introdus cuceririle și în astronomie. Astfel, orologiile cu pendule au fost înlocuite prin orologii cu cuarț, prin etaloane moleculare de frecvență. Astăzi timpul este cunoscut pînă la milionimea de secundă pe cînd în urmă cu 40—50 de ani nu se putea garanta nici sutimea de secundă. Prin descoperirea etaloanelor de timp mult mai precise decît mișcarea de rotație a Pămîntului, s-a creat posibilitatea ca în curînd să se iasă din cercul vicios care încătușa astronomia fundamentală, și anume folosirea unei scări de timp deduse din mișcările cerești pentru a studia înseși aceste mișcări. Din 1955, printr-o hotărîre a Uniunii Astronomice Internaționale, timpului universal (timpului civil Greenwich), trebuiau să i se aducă o serie de corecții ținînd seama de fenomenele în legătură cu neregularitățile rotației Pămîntului.

Timpul universal definit pînă atunci și folosit pentru a exprima toate datele astronomiei s-a dovedit a nu fi uniform datorită a două cauze: mișcarea polilor Pămîntului și neregularitățile rotației terestre.

Deoarece Polul Nord cît și cel Sud nu sînt ficși pe suprafața Pămîntului (ei descriu așa-numita polodie), se schimbă întregul sistem de longitudini terestre, deci și orele, bine-înțeles cu durate foarte mici de ordinul miimilor de secundă. Ținînd seama că viteza de rotație a Pămîntului prezintă și fluctuații sezoniere, fluctuații ce afectează uniformitatea

scării timpului, în special pe perioade mai scurte, trebuia să se introducă o corecție timpului universal și datorită acestui fenomen. Începînd de la 1 ianuarie 1956 toate serviciile orare au introdus „timpul uniform provizoriu" (TU_2), timp definit din timpul universal căruia i s-au adăugat cele două corecții.

Biroul Internațional al orei are rolul de a stabili „timpul uniform definitiv" și de a publica rezultatele în acest fel de timp. „Timpul definitiv" se stabilește din media rezultatelor serviciilor orare ale unui grup de 25 de observatoare de pe glob care constituie Observatorul mijlociu. Începînd din anul 1963 serviciul orar al Observatorului astronomic al Academiei R.P.R. a intrat ca parte componentă a Observatorului mijlociu.

Pe întregul glob se duce o activitate organizată de cercetare pentru stabilirea unui timp cît mai uniform. Folosind alături de observații astronomice etaloane de timp mult mai precise decît rotația Pămîntului, se tinde spre o scară de timp uniformă.

Măsurarea intervalelor mari de timp. „Orologiul radioactiv"

Cunoașterea civilizațiilor trecute cu perioadele lor de puternică înflorire, cunoașterea etapelor pe care societatea umană le-a străbătut prezintă interes pentru cercuri tot mai largi. Pe baza documentelor găsite din trecut, s-au putut studia perioade relativ recente din istoria omenirii, perioade în care civilizația era destul de avansată și exista scrierea. Cronologia istorică însă este foarte mult ajutată de toate obiectele găsite din epocile vechi, dacă acestor obiecte li se poate determina vîrsta.

Obiecte acoperite de nisip în regiunile deșerturilor descoperite cu ocazia săpăturilor sau obiecte aflate în fastuoasele morminte ale faraonilor egipteni — pot da indicații precise asupra civilizațiilor apuse, dacă li se cunoaște vîrsta.

În ultima vreme, radiochimiștii au pus la punct o metodă de determinare a vîrstei materialelor de origine biologică, și anume au găsit „un ceas" care nu se întoarce niciodată, care nu are cadran și ace, dar măsoară miile de ani. Acest ceas atît de curios îl constituie carbonul radioactiv. Carbonul în natură este un amestec de trei izotopi[1] cu greutățile atomice 12, 13 și 14, acesta din urmă fiind un izotop instabil, radioactiv. Faptul că e un izotop instabil înseamnă că nucleul său atomic se dezintegrează trecînd într-un atom de azot stabil și un electron. Prin dezintegrare, cantitatea de carbon radioactiv se micșorează. În decurs de 5 700 de ani,

[1] Izotopi: elemente chimice cu aceleași proprietăți, dar cu greutăți atomice diferite.

o cantitate dată de carbon radioactiv se reduce la jumătate. Dacă C_{14} nu s-ar reface, ar însemna ca prin dezintegrare el să dispară de pe suprafața Pămîntului. Dar C_{14} se reface încontinuu, formîndu-se mereu în atmosferă sub acțiunea razelor cosmice. El este absorbit de organismele vii în schimbul lor continuu cu mediul înconjurător. Cînd un organism și-a încetat viața, schimbul lui cu exteriorul ia sfîrșit, deci și acumularea de carbon radioactiv. Carbonul 14 existent în organism, prin dezintegrare, își micșorează cantitatea. Măsurînd cu ajutorul aparatelor speciale (contoare Geiger) numărul de dezintegrări pe minut al lui C_{14} dintr-un eșantion de material găsit, se poate determina vîrsta acelui eșantion. Se cunoaște că într-un gram dintr-un organism viu, C_{14} are 16 dezintegrări pe minut. Un material cu vîrsta de 5 700 de ani va prezenta numai 8 dezintegrări pe minut. Cu ajutorul acestui „ceas cu carbon radioactiv" s-au putut stabili vîrstele unor serii de materiale găsite de arheologi. Astfel nu de mult a fost găsit în Peninsula Taimir (U.R.S.S.) corpul unui mamut perfect conservat sub gheață. Prin studiul compoziției în C_{14} a tendoanelor acestui animal s-a stabilit că vîrsta sa era de 12000 de ani. Prin aceeași metodă s-a determinat că vîrsta desenelor preistorice care încununează grota Lascau (Franța) este de 15516 ± 900 ani. Foarte multe exemple pot confirma importanța pe care acest „ceas milenar" o are pentru studiul trecutului, el putînd să indice cam pînă la 20 000 de ani în urmă.

Știința a reușit chiar să cunoască fenomene care s-au petrecut în îndelungata istorie a Pămîntului cu milioane și miliarde de ani în urmă. Cum s-a ajuns să se măsoare aceste imense intervale de timp? S-a folosit tot un „orologiu radioactiv", însă un orologiu pentru măsurarea milioanelor și miliardelor de ani, care a dat importante rezultate în studiul vîrstei rocilor, precum și a vîrstei Pămîntului. La acest orologiu se folosesc tot izotopii radioactivi ai diferitelor elemente, dar izotopi care au o viteză foarte mică de dezintegrare, astfel că o cantitate dintr-un izotop se reduce la jumă-

tate, în timp de miliarde de ani. Viteza de dezintegrare a unui izotop nu este influențată de nici un fenomen chimic care are loc în interiorul scoarței Pământului, unde rocile sînt supuse la presiuni și temperaturi foarte ridicate.

Sînt izotopi, ca unul din izotopii mercurului care are perioada de înjumătățire de cîteva miliardimi de secundă, în timp ce unul din izotopii uraniului o are de mai multe miliarde de ani. Izotopii cu perioadele cele mai lungi de înjumătățire constituie cele trei familii de izotopi care se folosesc în scopul măsurării timpului. Aceste familii sînt: a uraniului, a toriului și a actiniului, din dezintegrarea cărora la sfîrșit rezultă plumb și o acumulare de heliu (He). Prin măsurarea fie a cantității de plumb acumulată într-o rocă, fie a cantității de heliu se determină vîrsta acelei roci.

Cele mai vechi eșantioane de roci găsite pe suprafața Pământului sînt evaluate la vîrsta de 3—4 miliarde de ani. Vîrsta de 3 miliarde de ani indică faptul că scoarța Pământului s-a format cam cu 3 miliarde ani în urmă, dar nu dovedește că și Pământul datează de atunci. Vîrsta Pământului este evaluată cam la 5 miliarde de ani.

Ne putem pune următoarea întrebare: ce vîrstă poate avea Soarele, precum și alte corpuri cerești asemănătoare lui, alte stele? Pentru a răspunde la această problemă trebuie să vedem de unde posedă Soarele energia imensă pe care o răspîndește în spațiul înconjurător.

Dacă Soarele ar fi compus din carbon, așa cum s-a crezut, arderea lui completă s-ar fi efectuat în cîteva mii de ani. În plus arderea, această reacție chimică de combinare a carbonului cu oxigenul, n-ar putea explica temperaturile uriașe existente în Soare.

Problema sursei energiei solare a început să fie clarificată o dată cu succesele fizicii nucleare. Descoperirea reacțiilor termonucleare a ajutat la explicarea fenomenelor ce au loc în Soare și în alte stele.

Reacția de transformare a hidrogenului în heliu este însoțită de eliminarea unei cantități uriașe de energie de 150 de miliarde de calorii pe gram, deci de 20 de milioane de ori mai mare decît cea dată prin arderea celui mai bun cărbune. Această reacție stă la baza fenomenelor ce au loc în interiorul Soarelui. Pentru a ști de cînd luminează Soarele și cît timp va mai lumina el, trebuie să i se determine compoziția, deci cantitățile de hidrogen și heliu care se găsesc în el.

Astronomii studiază corpurile cerești, mișcarea lor, determinînd distanța pînă la ele, dimensiunile lor, greutatea lor etc. Studiind lumina emisă de ele, ei stabilesc compoziția lor chimică prin analiză spectrală. Analiza cantitativă efectuată asupra Soarelui a arătat că el conține 38% hidrogen, 59% heliu și 3% alte elemente. Din cantitatea de hidrogen rămasă și de heliu formată se apreciază vîrsta Soarelui cam la 5 miliarde de ani. Studiind evoluția altor corpuri cerești asemănătoare Soarelui, precum și compoziția lui se poate deduce viitorul acestui astru. Soarele se află actualmente într-o stare de existență foarte calmă, cînd schimbul de energie și de masă cu exteriorul este lent. În această stare va rămîne el încă multe miliarde de ani.

În Galaxia noastră, după cum au arătat savanții sovietici Ambarțumian, Voronțov și Kukarkin, există stele mai bătrîne decît Soarele nostru, a căror vîrstă este de o sută și chiar o mie miliarde ani și stele foarte tinere a căror vîrstă nu depășește 10 milioane de ani. Universul evoluează sub ochii noștri; noi corpuri cerești apar, altele dispar.

Măsurarea intervalelor mici de timp

Să ne întoarcem din lumea milioanelor și miliardelor de ani în lumea secundei și a fracțiunilor de secundă și să vedem cîteva din posibilitățile de măsurare a intervalelor foarte scurte de timp.

Un prim aparat de măsură este cronometrul obișnuit cu resort, care are posibilitatea de a măsura o zecime de secundă.

Dispozitivele mecanice nu pot fi însă folosite în studiul fenomenelor foarte rapide, deci a intervalelor de timp foarte scurte. Pentru măsurarea miimii de secundă, piesele mecanice sînt prea grele, au inerție prea mare și pentru a le pune în mișcare e necesară o forță considerabilă. De aceea, dispozitivele mecanice cu piese mobile oricît de fine ar fi ele nu sînt utilizate decît pentru a măsura intervale de timp care nu sînt inferioare sutimii de secundă.

Cronometrul electric cu ac indicator și cu piese rotative mecanice, acționat printr-un motor electric, reprezintă o combinație între mijloacele mecanice și electrice de măsurare a timpului. El permite aprecierea unui interval de o sutime de secundă.

Dacă vrem să măsurăm intervalele de miimi de secundă e necesar să folosim aparate electrice. Rapiditatea cu care se petrec fenomenele electrice depășește tot ceea ce se poate obține cu aparatele cu piese mecanice. Astfel, pe acest principiu sînt construite aparate ce se bazează pe „acumularea sarcinilor electrice", care au o precizie în determinări de cîteva miimi de secundă.

Mărim precizia măsurărilor, folosind aparate electronice. Aparatele de genul „contoarelor electrice cu afișaj optic"

sînt utilizate azi pentru a măsura intervale cuprinse între mai multe secunde pînă la milionimea de secundă. Două aparate de acest fel deține și Observatorul astronomic al Academiei R.P.R., unul cu posibilitatea de a măsura zecimea de miime de secundă, al doilea cu posibilitatea de a măsura intervale de timp pînă la milionimea de secundă.

Oscilograful catodic este aparatul care ajută foarte mult în studiul fenomenelor rapide. El permite înregistrarea acestora, măsurarea duratelor și vitezelor lor, ca și a intervalelor lor, precum ca și a intervalelor de timp între diferitele faze ale unui fenomen. Astfel, cu ajutorul oscilografului catodic poate fi studiat trăsnetul.

Pentru a stabili mijloacele de protecție corespunzătoare se cere cunoașterea proprietăților lui, a tensiunii și intensității curentului de descărcare, a vitezei cu care ele variază etc. Descărcarea aceasta se face cu o viteză așa de mare, încît pentru studiul ei trebuie să existe posibilitatea de a măsura miimea și chiar milionimea de secundă.

Din studiile făcute asupra acestui fenomen natural atît de des întîlnit s-a ajuns la concluzia că intensitatea curentului în această descărcare atinge 200 000 de amperi, iar tensiunea la care descărcarea începe este de 50 de milioane pînă la 100 milioane de volți.

Noi și noi aparate electronice mai perfecționate, mai precise, descoperite de om, au îmbogățit domeniul măsurării intervalelor mici de timp. Cerințele dezvoltării fizicii nucleare a impus descoperirea unor metode precise de determinare a intervalelor de timp foarte scurte. Cu ajutorul lor s-a adus un real folos în studiul fenomenelor atomice și nucleare, al radioactivității, al razelor cosmice etc.

Timpul se transformă?

Cum se poate studia creşterea unei plante, mişcările repezi ale unor sportivi în întrecere, procesele intime ale unor fenomene atomice fără a pierde nimic din fazele lor? Doar toate acestea se desfăşoară fie foarte lent, deci într-un timp îndelungat, fie într-un timp foarte scurt. Ştiinţa modernă a găsit soluţia descoperind posibilitatea „transformării" timpului.

Aceasta nu înseamnă că omul intervine chiar în fenomen, schimbîndu-i acestuia timpul de desfăşurare, ci observă fenomenul într-o altă scară de timp. Realizarea acestui fapt se face cu ajutorul fotografiei instantanee şi a cinematografiei rapide.

Pentru studiul unui fenomen lent ca cicatrizarea unei răni, creşterea şi înflorirea unei plante se fotografiază fenomenul la intervale egale de timp, de exemplu la fiecare minut, oră, sau zi, luîndu-se, cu ajutorul aparatului de filmat, 24 de imagini pe secundă. In timp ce filmul se proiectează, vedem planta crescînd sub ochii noştri, vedem floarea deschizîndu-se pe ecran, vedem fenomene care cer ani de observaţie desfăşurîndu-se într-o jumătate de oră.

În cazul în care fenomenul se petrece prea rapid, se întrebuinţează o scară de timp în care el să ne apară desfăşurîndu-se cu încetinire. Pentru aceasta se foloseşte cinematografierea rapidă. Se obţin 120—240 de imagini pe secundă pe peliculă, iar cînd filmul se proiectează, se proiectează cu viteză normală de 24 de imagini pe secundă. Acest fel de încetinire a fenomenului este folosit adeseori pentru studierea mişcărilor în sport; imaginea unui sportiv ce aleargă

ni se pare ciudată, mișcările fiind foarte lente și suple ca și cum alergătorul s-ar mișca în apă, nu în aer. Foarte importantă este această metodă pentru industrie: cu ajutorul ei pot fi cercetate temeinic procese ca propagarea aprinderii în motoarele termice, mișcarea unei elice etc.

Studiile făcute în privința „transformării" timpului au avut rezultate foarte bune. S-au construit aparate cu ajutorul cărora se pot obține sute de mii și chiar milioane de imagini pe secundă înscrise pe peliculă. Există astfel aparatul lui O'Brien, care filmează 15 milioane de imagini pe secundă. În ultima vreme s-au construit aparate care permit obținerea a 100 de milioane de imagini pe secundă.

Metodele cinematografiei ultrarapide, cu ajutorul cărora pot fi detectate fenomene care au loc în a milioana parte din secundă, își pot găsi o largă aplicație în fizica nucleară și în studiul razelor cosmice.

*

În domeniul măsurării timpului ca și în alte domenii, știința a făcut uriașe progrese. De la cadranul solar la ceasul atomic, iată pînă în prezent scara evoluției mijloacelor de măsurare a timpului. Folosind realizările științei și tehnicii moderne, omul a construit aparate care asigură cunoașterea intervalelor de timp de la miliardimea de secundă pînă la miliarde de ani. Se pot măsura azi intervalele extrem de scurte în care au loc procesele din molecule, atomi și nuclee atomice, precum și duratele imense corespunzătoare evoluției diferitelor corpuri cerești.

Cuprins

Astronomia își spune cuvîntul 7
Cîte ceva despre timpul efemeridelor 15
Ora pe glob 19
Vreți să știți în ce dată sîntem? 23
Cadranul solar 27
Ceasul cu nisip, cu foc și cu apă 31
Ceasurile mecanice 35
Călătoriile pe mare și... cronometrele marine 42
Determinarea orei exacte 45
Cum păstrăm ora exactă? 49
Etaloane de timp. „Orologiile atomice" 53
Transmiterea orei exacte 59
În vizită la serviciul orar al Observatorului astronomic al Academiei R.P.R. 61
Biroul internațional al orei 67
Măsurarea intervalelor mari de timp. „Orologiul radioactiv" 70
Măsurarea intervalelor mici de timp 74
Timpul se transformă? 76

Iubite cititor,

Te rugăm să ne spui părerea d-tale despre această carte, cum şi despre alte cărţi tipărite de Consiliul pentru răspîndirea cunoştinţelor cultural-ştiinţifice şi Editura Ştiinţifică, pe care le-ai citit. De asemenea am dori să ştim ce broşuri socoteşti că ar trebui să mai tipărim.

Aşteptăm veşti de la d-ta pe adresa: Editura Ştiinţifică, redacţia pentru răspîndirea cunoştinţelor cultural-ştiinţifice, B-dul Republicii nr. 17, raionul Tudor Vladimirescu, Bucureşti

Redactor responsabil de carte : A. ZOLA
Tehnoredactor : VICTORIA STĂNCULESCU

Dat la cules 18.01.1964. Bun de tipar 14.03.1964. Tiraj 40.000+120 ex. Hîrtie ziar 50 g/m². Format 54×84/16. Coli editoriale 3,44. Coli tipar 5,00. A. 142. Indici de clasificare zecimală : pentru bibliotecile mari 529(023) pentru bibliotecile mici 52.

Tiparul executat sub comanda nr. 40055 la Combinatul Poligrafic „Casa Scînteii", Piața Scînteii nr. 1, București — R.P.R.